





e-ISSN: 2564–6826

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi

(COMU Journal of Agriculture Faculty)

Cilt (Volume): 13 Sayı (Issue): 1 Yıl/Year: 2025

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, Faulty of Agriculture, Canakkale.



ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi
(COMU Journal of Agriculture Faculty)

İmtiyaz Sahibi (Publisher)

Prof. Dr. Anıl ÇAY, 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

Prof. Dr. Fatih KAHRIMAN

Prof. Dr. Anıl ÇAY

Doç. Dr. Cemil TÖLÜ

Doç.Dr. Bengü EVEREST

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

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, Zootekni

Prof. Dr. Muhamed BRKA, Zootekni

Yabancı Dil Danışmanı (Foreign Language Advisor)

Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali

Mizanpaj (Typesetting)

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



ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2025, 13(1):1-226

İçindekiler/Contents

Investigation of Pesticide Awareness Levels of Farmers with Different Farming Systems in Çanakkale Province.....	1
Çanakkale İlinde Farklı Üretim Sistemlerine Sahip Çiftçilerin Pestisit Farkındalık Düzeylerinin Araştırılması <i>Barış Cığır, Burak Polat</i>	
AI-Based Prediction of Microelement and Heavy Metal Contents in Central-Southern Anatolian Soils: A Pilot Study.....	12
Yapay Zekâ ile Orta-Güney Anadolu Topraklarında Mikroelement ve Ağır Metal Tahmini: Pilot Bir Çalışma <i>Noyan Eken, Enes Efe, Kamer Yazar, Mehmet Hamurcu, Fatma Gökmen Yılmaz, Sait Gezgün, Erdoğan Eşref Hakkı</i>	
Assessment of Plant Contributions to Air Quality within the Ecosystem Services Framework: The case of Halk Bahçesi in Çanakkale, Türkiye.....	32
Ekosistem Hizmetleri Çerçevesinde Bitkilerin Hava Kalitesine Katkılarının Değerlendirilmesi: Halk Bahçesi Örneği (Çanakkale, Türkiye) <i>Filiz Engin, Çiğdem Kaptan Ayhan</i>	
Arazi Kullanım ve Arazi Örtü Çeşidinin Bafra Delta Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Karakteristikleri Üzerine Olan Etkisi.....	47
The Effect of Land Use and Land Cover Types on Some Physical and Chemical Characteristics of Bafra Delta Plain Soils <i>Ayşe Ertuğ Pekker, Orhan Dengiz</i>	
ICONA Modeli ile Biga Yarımadası Güneybatı Bölümünün Erozyon Risk Değerlendirmesi.....	59
Erosion Risk Assessment of the Southwestern Part of Biga Peninsula with ICONA Model <i>Timuçin Everest, Ali Sungur, Hasan Özcan</i>	



Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinin Gıda Güvencesi Göstergelerinin VIKOR Yöntemiyle Değerlendirilmesi.....	70
Assessment of Food Security Indicators of Some European Union Countries Using the VIKOR Method	
<i>Ferruh Işın, Tayfun Çukur, Figen Çukur</i>	
The Pomological and Morphological Characterization of Different Foreign Almond Cultivars and the Local Type Grown under Ecological Conditions of Çanakkale.....	79
Çanakkale Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Farklı Yabancı Badem Çeşitleri ve Yerel Tipin Pomolojik ve Morfolojik Karakterizasyonu	
<i>Çağlar Kaya, Murat Şeker</i>	
Germination Status of Birdsfoot Trefoil (<i>Lotus corniculatus</i> L.) Seeds in Different Salt Water.....	89
Farklı Tuzlu Sularda Gazal Boynuzu (<i>Lotus corniculatus</i> L.) Tohumlarının Çimlenme Durumu	
<i>Bilal Keskin, Naim Uca</i>	
Analysis of Land Cover/Use Change According to Geographical Regions in Türkiye.....	95
Türkiye’de Coğrafi Bölgelere göre Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişiminin İncelenmesi	
<i>Merve Küçük, Şerife Tülin Akkaya Aslan</i>	
The Effect of Strip Tillage Method Applied in Cotton Cultivation in Ceyhan Plain on Yield.....	105
Ceyhan Ovası Pamuk Yetiştiriciliğinde Uygulanan Şeritvari Toprak İşleme Yönteminin Verim Üzerine Etkisi	
<i>Serkan Özdemir, Zeliha Bereket Barut</i>	
Pırlak Koyunlarında Kalpastatin (CAST) ve Miyostatin (MSTN) Genlerinde Polimorfizm.....	115
Polymorphism in Calpastatin (CAST) and Myostatin (MSTN) Genes in Pırlak Sheep	
<i>Bülent Özkan, Emine Şahin Semerci</i>	
Yarı Kurak Tarım Koşullarında Buğday Üretiminde Toprak İşlemenin Yabancı Ot Varlığı ve Ürün Verimine Etkisi.....	123
Effect of Tillage on Weed Density and Yield in Wheat Production in Semiarid Agricultural Conditions	
<i>Sakine Özpınar, Osman M. Yaz, Anıl Çay</i>	
Balıkesir İli (Altıeylül İlçesi) Domates Tarlalarında Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)’nın Popülasyon Yoğunluğu.....	141
Population Density of Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tomato Fields of Balıkesir Province (Altıeylül District)	

Ali Özpınar, Şerife Gamze Gürol

In Vitro Investigation of Cornerstone and
GF-677 Rootstocks Tolerance to Drought Stress
Conditions.....151

**Cornerstone ve GF-677 Anaçlarının Kuraklık Stresi Toleranslarının In vitro Koşullarda
Araştırılması**

Rıdvan Parlar, Deniz Eroğul, Nevzat Sevgin

Investigation of Material Hardness Values of Active Elements of Some Domestic Production Tillage
Equipment and Agricultural
Machinery.....165

**Yerli Üretim Bazı Toprak İşleme Alet ve Makinalarının Aktif Elemanlarından Malzeme
Sertlik Değerlerini İncelenmesi**

Yaşar Serhat Saygılı, İkbâl Aygün, Erkan Urkan, Bülent Çakmak

Investigation of Some Agronomic Performances of Local Maize Populations with Different Kernel
Colors and Kernel
Structures.....172

Farklı Tuzlu Sularda Gazal Boynuzu (Lotus corniculatus L.) Tohumlarının Çimlenme Durumu
Umut Songur, Harun Baytekin, Fatih Kahrıman

Drying of White Nectarine Puree Through Various Methods and an Analysis of Their
Effects.....181

Beyaz Nektarin Püresinin Farklı Yöntemler ile Kurutulması ve Etkilerinin Analizi

Onur Taşkın, Tulin Tuanna Türkoğlu, Ahmet Turan Özsoy, Ahmet Polat, Nazmi İzli

Bursa ili Karacabey İlçesinde Tarım Sektörünün Sosyo-Ekonomik Yapısının
İncelenmesi.....188

**Survey of the socio-economic structure of the agricultural sector in Karacabey District of Bursa
Province**

Gökhan Uzel

Biga İlçesinin Tarımsal Yapı ve Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin
Belirlenmesi.....200

Determination of Agricultural Structure and Agricultural Mechanization Level of Biga District
Ünal Ürkmez, Gıyasettin Çiçek

Evaluating Shrimp Shells as a Natural Soil
Conditioner.....209

Karides Kabuklarının Doğal Bir Toprak Düzenleyici Olarak Değerlendirilmesi

Ayşe Yenen, Burak Onur Ünal, Çağrı Kınık, Yasemin Kavdır

Kavak Deltası (Gelibolu-Çanakkale) Tarıma Açılan Bakir ve Sulak Alanlarında Toprak
Organik Karbonunun
Değişimi.....216

**Changes in Soil Organic Carbon in Virgin and Wetlands Opened to Agriculture in Kavak Delta
(Gelibolu-Çanakkale)**

Hüseyin Ekinci, Utku Özer

Research Article

Investigation of Pesticide Awareness Levels of Farmers with Different Farming Systems in Çanakkale Province

Bariş Ciğer¹ 

Burak Polat^{2*} 

¹Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Department of Plant Production, Ankara, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Çanakkale, Türkiye

*Corresponding author: bpolat@comu.edu.tr

Received Date: 17.03.2025

Accepted Date: 21.04.2025

Abstract

This study was conducted to determine the level of awareness of farmers engaged in organic farming, good agricultural practices (GAP) and conventional farming on pesticide use in Çanakkale province in 2024. The sample size in Çanakkale province and its districts was calculated by 'Simple Random Sampling Based on Proportion Averages' method. The surveys were conducted with 200 organic farmers, 109 good agricultural practices farmers and 378 conventional farmers. Cronbach's Alpha (α) value, which is the overall reliability level of the study, was calculated as 0.955. Farmers' knowledge levels regarding pesticide use were evaluated using a Likert scale. The Chi-Square test was applied to analyze the relationship between farmers' knowledge levels and factors such as education, farming experience and age. According to the pesticide use awareness level data, it was determined that the higher the education level, the higher the level of knowledge, and in terms of farmer behavior, organic farming and good agricultural practices limit the use of pesticides and reduce the risks on the environment and human health.

Keywords: Pesticide, Awareness Level, Likert Scale

Çanakkale İlinde Farklı Üretim Sistemlerine Sahip Çiftçilerin Pestisit Farkındalık Düzeylerinin Araştırılması

Öz

Bu çalışma, Çanakkale ilinde 2024 yılında organik tarım, iyi tarım uygulamaları (GAP) ve konvansiyonel tarım yapan çiftçilerin pestisit kullanımı konusundaki farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çanakkale ili ve ilçelerindeki örneklem büyüklüğü "Oran Ortalamalarına Dayalı Basit Tesadüfî Örneklem" yöntemi ile hesaplanmıştır. Anketler, 200 organik tarım çiftçisi, 109 iyi tarım uygulamaları çiftçisi ve 378 konvansiyonel tarım çiftçisi ile yapılmıştır. Çalışmanın genel güvenilirlik düzeyi olan Cronbach's Alpha (α) değeri 0.955 olarak hesaplanmıştır. Çiftçilerin pestisit kullanımı konusundaki bilgi düzeyleri Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Çiftçilerin pestisit kullanımına ilişkin bilgi düzeyleri Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Çiftçilerin bilgi düzeyleri ile yaş, eğitim ve çiftçilik deneyimi gibi faktörler arasındaki ilişkiyi analiz etmek için Ki-Kare testi uygulanmıştır. Pestisit kullanımı bilinç düzeyi verilerine göre, eğitim düzeyi yükseldikçe bilgi düzeyinin de yükseldiği, çiftçi davranışları açısından ise organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının pestisit kullanımını sınırlandırdığı, çevre ve insan sağlığı üzerindeki riskleri azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pestisit, Farkındalık Düzeyi, Likert Ölçeği

Introduction

The rapidly increasing world population has heightened the demand for food and a strategy of obtaining more food from unit area has been adopted to meet the increasing food demand. The way to increase the yield and quality of agricultural products is through the use of modern agricultural techniques and inputs. However, this approach, which has long aimed to increase productivity, has made the use of chemical pesticides and fertilizers essential in order to get more yield. Controlling harmful organisms, that restrict crop production are critical factors in increasing yield. Chemical control with pesticides is a form of agricultural control used to protect the agricultural product from the damage of,

pests and to ensure quality production, and has been the most important component that increases production since the 1940s (Tiryaki and Temur, 2010). However, considering the environmental problems caused by using pesticides, there is a situation that needs attention. In addition, residue problems occur as a result of incorrect applications in the use of pesticides and this is considered an important problem in the world.

In the world, increasing agricultural production and reducing costs by increasing productivity is one of the main agricultural policy objectives. However, intensive input use causes serious economic and environmental problems on natural resources and human health. Between 0.015-6.0 percent of pesticide application reaches the target pest, while the remaining 94.0-99.9 percent reaches non-target organisms and soil (Graham-Bryce, 1977). This situation poses health risks due to environmental pollution, soil accumulation, and residual pesticide contamination. In order to prevent environmental pollution caused by chemicals in agriculture and to consume pesticide-free agricultural products, individuals who are sensitive to these risks should be brought into the society. Therefore, pesticide applicators must be trained.

To determine the contribution of pesticides to potential environmental and human health problems and to minimize these problems, there is a need for studies on the toxicological effects of pesticides, as well as studies on the behavior and risk perceptions of farmers, who are the main applicators of pesticides (Unakitan et al. 2017).

In a study conducted by Jin et al. (2017) on small-scale farmers in China, it was found that although farmers were aware of a certain level of risk, they used excessive pesticides and that the probability of excessive pesticide use decreased significantly as the farm scale increased.

Teguh et al. (2024) examined the knowledge and awareness levels of paddy farmers in Besut, Terengganu on the use of beneficial plants in pest management. A survey of 56 farmers revealed that 67.9% of farmers had moderate knowledge and 73.4% had moderate awareness. The study highlights the need for continuous awareness programs by local authorities to increase the adoption of biological pest control methods.

Akkouch et al. (2025) evaluated the knowledge, practices and health perceptions of farmers in the Akkar region of Lebanon on pesticide use. In the study conducted with 151 farmers, it was determined that farmers had moderate knowledge but low environmental awareness. While 37.7 percent of farmers did not use protective equipment, 67.5 percent experienced acute symptoms such as skin and respiratory irritation problems. The study recommends the development of training programs, making protective equipment accessible and strengthening the regulatory framework to reduce health and environmental risks from pesticide use.

Meira et al. (2025) examined the pesticide risk perception of agricultural managers and consumers and investigated the role of this perception on environmental attitudes and purchase intentions. In the study conducted with 37 agricultural managers and 202 consumers in Brazil, it was determined that pesticide risk perception partially affected farmers' environmental attitudes and directly affected consumers' purchase intentions. The results show that farmers' environmental attitudes are shaped by personal norms and risk perception, while consumers make purchasing decisions based on trust, knowledge and risk perception. The study emphasizes that education, regulatory measures and transparent risk communication strategies should be developed to reduce pesticide-related risks and increase consumer confidence.

In the study conducted by Akar and Tiryaki (2018), 66.9% of farmers utilize pesticide dealers in pesticide selection. 34.1% of the farmers think that some pesticides may leave residues, 81.5% think that they will harm human health and 79.1% think that spraying harms the environment. In another study conducted by Erdal et al. (2019), 50% of the farmers stated that they buy pesticides according to their own experience. Erdil and Tiryaki (2020), 74.2% of farmers stated that they did not know the warnings and signs on the pesticide label, and 44.0% stated that they took into account the recommendations of pesticide dealers in determining the spraying time. In the study of Kaplan and Ayaz (2023), while determining the pesticide dose, 33% of the farmers do it according to their own experience. 60% think that pesticides leave no residue

In the study conducted by Özerdoğan et al. (2017), 90.9% of farmers changed their clothes after applying pesticides. It was determined that 87.6% of the farmers applied the recommended dose of pesticide. In the study of Akar and Tiryaki (2018), 42.1% of farmers stated that they used protective equipment while applying pesticides, while 31.7% stated that they did not use it because they did not

consider it necessary. 55% of farmers dispose of empty pesticide boxes by burning them. In the research of Erdal et al. (2019), It was determined that 97% of the farmers in the research area use pesticides, but about 50% of them do not have information about the content of the pesticide they use. In the study conducted by Erdil and Tiryaki (2020), 60.7% of farmers reported that they did not change their clothes after spraying, 74.2% were unaware of the warnings and symbols on pesticide labels, and 63.0% did not use protective equipment while handling pesticides.

Taşkır and Tiryaki (2024) examined the level of awareness of 270 farmers in Çanakkale on the environmental and health risks of pesticides. According to the results, although the level of awareness increases as the level of education increases, wrong practices are common. While 41.85% of the farmers dump the remaining pesticides on the edge of the agricultural fields, 6.3% of them throw them into the environment. In addition, 45.18% use protective equipment and 46.67% pay attention to labeling information. The study reveals that farmers need more training on pesticide use.

Pesticide consumption of Türkiye is 57.766 tons in 2023 (TSI, 2024). The main problem in our country is the uncontrolled use of pesticides in some regions and the products grown in these regions cause residue problems. In Çanakkale Province, which is our study area with a wide range of production in Türkiye, annual pesticide consumption is 1.491.165 kg (or liter) (TSI, 2024). This situation has led to the necessity of measuring the knowledge and experience of farmers that shape their tendency towards pesticides.

The aim of our study was to determine the level of education and awareness of the farmers who produce with different farming systems on the basis of districts in Çanakkale Province on the use and selection of pesticides and their environmental sensitivities. The study emphasizes the importance of the topic by conducting a comparative analysis through a questionnaire survey. At the same time, it has been observed that no comparative study has been conducted in this region before. This situation reveals the topicality of the issue.

The findings of the study are expected to contribute to the development of policies that support the principles of sustainability in agricultural production. In addition, it is thought to be an important source for the planning and implementation of awareness-raising activities to reduce the environmental impacts of pesticide use. In this respect, it is envisaged that our research will be a guide for both farmers and decision makers who determine agricultural policies.

Materials and Methods

The main focus of the study is to evaluate the responses of farmers who practice conventional agriculture, organic agriculture and good agricultural practices in the city center and districts of Çanakkale to the survey questions.

Questionnaire included; a) personal information, b) production information, c) economic levels of farmers, d) education levels, e) pesticide usage and application methods, f) effects of pesticides on the environment, g) pesticide selection criteria, h) pesticide purchasing criteria, i) principles of application of pesticides. The questionnaires were conducted as face-to-face interviews.

Determination of sample size

In determining the number of farmers to be surveyed, statistical methods should be used to represent the study area. One of the most important parameters to be considered for the accuracy of the results is the correct determination of the sample size. While determining the sample size of the number of farmers to be surveyed according to the settlement units, the 'Simple Random Sampling Based on Ratio Averages' method was used to best represent the farmers population in the center and districts of Çanakkale (Collins, 1986; Miran, 2003; Kılıç et al., 2018). The following equation was used to calculate the sample size (Eq. 1):

$$n = \frac{(Z\alpha/2)^2 \times p \times (1-p)}{d^2} \quad (1)$$

where;

n= Sample size (Number of farmers to be surveyed)

Z α /2= The tabulated value corresponding to the desired confidence level (90%)

p= Estimated proportion of the population that presents the characteristic (p = 0.5)

d= Tolerated margin of error (0.05)

Table 1. Total number of farmers surveyed based on different farming system and according to Simple Random Sampling Method based on Proportion Averages

Conventional Farming		Organic Farming		GAP* Farming		Total	
Number of farmers registered in Farmer Registration System	Number of Surveys Conducted	Number of farmers registered in Farmer Registration System	Number of Surveys Conducted	Number of farmers registered in Farmer Registration System	Number of Surveys Conducted	Number of farmers registered in Farmer Registration System	Number of Surveys Conducted
20.034	378	416	200	151	109	20.601	687

*Good Agricultural Practices (GAP)

The number of farmers to be surveyed was calculated as 378, 200 and 109 for Conventional Farming, Organic Farming, and GAP Farming, respectively with a tolerated error of 0.05 and a 95% confidence level. The total number of farmers across all three farming systems was 687 (Table 1).

Statistical Analyses

The main material of the study is the survey questions we prepared to investigate the sensitivity of farmers who apply different farming systems about pesticide use and the damages that pesticides cause to the environment. 'Cronbach Alpha' method was used in the homogeneity of survey items for the success of the study (Cronbach, 1951; Kılıç, 2016). Cronbach Alpha coefficient (α), which is the measure of internal consistency, explains the homogeneity of the items in the scale and its general value varies between '0' and '1'. This coefficient, which is frequently used in study models using Likert scale, allows us to understand whether the survey questions are consistent with each other and whether they make appropriate measurements for the purpose (Uzunsakal and Yıldız, 2018). In previous survey studies, a Likert scale was used to assess the responses of participants regarding their awareness of pesticide use (Likert, 1932; Akar and Tiryaki, 2018; Erdil and Tiryaki, 2020).

Cronbach's Alpha coefficient was calculated to assess the internal consistency and reliability of the questionnaire. Each question was assigned a numerical value based on its content, and the total scores were subjected to Cronbach's Alpha analysis. This method quantifies the homogeneity of survey items by measuring the proportion of total variance attributable to shared constructs. A high Cronbach's Alpha value indicates strong internal consistency, confirming that the questionnaire items effectively measure the intended awareness levels. The formula for calculating Cronbach's Alpha Coefficient is in Eq.2,

$$\alpha = \frac{K}{K-1} * \left(\frac{1 - \sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_x^2} \right) \quad (2)$$

Y_i : : Observed values of question i

$X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_K$: Sum of observed values

$\sigma_{Y_i}^2$ = Variance of question i

K = Number of question

$1 - \sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2$ = Sum of variance of questions

σ_x^2 = Variance of total score

Likert Scale and Chi-Square (χ^2) independence test were applied in the analysis of the data obtained from the answers given by the farmers to the questionnaires while calculating the awareness levels. The awareness levels of the farmers were evaluated at different awareness levels in line with their answers to the scale. The highest score of the farmers who participated in the survey was determined as 96. Accordingly, the score intervals determining the pesticide use awareness levels are in the range of maximum 4 points from each question (0-20 points: Very low, 21-40 points: low, 41-60 points: medium, 61-80 points: high, 81-96 points: very high).

Chi-square test (χ^2) for independence

Chi-Square (χ^2) independence test was used to understand whether the calculated consciousness levels were related to other factors (Düzgüneş et al., 1983; Hovardaoğlu, 1994). As a result of the Chi-Square t Chi-Square (χ^2) independence test was used to understand whether the calculated consciousness levels were related to other factors (Düzgüneş, et al., 1983; Hovardaoğlu, 1994). As a result of the Khi-Square tests, it was understood whether the research variables significantly affected the level of consciousness, it was understood whether the research variables significantly affected the level of consciousness.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (Z)$$

χ^2 : Chi-Square test

O_i : observed value of i.

E_i : expected value of i.

If the critical χ^2 value (determined based on the degrees of freedom (df) and a significance level of 0.05 (α)) is lower than the calculated χ^2 value, a significant relationship exists between the two variables. The factors analyzed concerning pesticide use awareness include education level, farming experience, age, the type of farming.

The significance of the relationship between the variables subjected to the Chi-Square test was assessed using the Coefficient of Contingency (CC), i.e. the coefficient of dependency (Düzgüneş, 1983). The coefficient of contingency formula is shown below (Eq.4).

$$CC = \sqrt{\frac{\chi^2}{N + \chi^2}} \quad (4)$$

CC: Coefficient of Contingency

χ^2 : Chi-Kare

N: Total number of farmers surveyed

As a result of the Chi-Square tests applied, it was understood whether the variables subject to the research significantly affect the level of consciousness. At the decision stage, H_0 hypothesis was established (H_0 = There is no relationship). If the calculated critical χ^2 value is greater than the calculated table value [from the Chi-Square distribution table value corresponding to the 0.05 level of significance (α) and the determined degree of freedom (DF)], there is a significant association between the two variables. In addition, P values of the variables subjected to evaluation were calculated.

ANOVA (Analysis of Variance) method was used to determine the difference between three different farmer groups. Post-hoc statistics were used to determine which group caused the difference between the groups (Köklü et al., 2006).

Results and Discussion

Cronbach Alpha Reliability Test

The closer the calculated Cronbach's Alpha coefficient is to 1, the higher the internal consistency of the scale items. A coefficient greater than 0.7 is considered to indicate good reliability. In terms of reliability classification, the following thresholds are commonly used: >0.9 - Excellent, >0.8 - Good, >0.7 - Acceptable, >0.6 - Questionable, >0.5 - Poor, and values below 0.5 are deemed unacceptable (Gliem and Gliem, 2003; George and Mallery, 2003).

In this study, the overall reliability of the scale, represented by Cronbach's Alpha (α), was calculated as 0.955, indicating an excellent level of reliability ($0.9 \leq \alpha$). Since this reliability level exceeds the acceptable threshold, no modifications were made to the questionnaire, and the analysis was conducted based on the participants' responses.

Assessment of Awareness of Pesticide Use

The significance of the relationship between farmers' pesticide use awareness level and age was examined. The Chi-Square (χ^2) test and p-value were calculated (Table 2).

Table 2. Awareness levels of pesticide use according to the education level of farmers

Education	Level of awareness of pesticide use												Total, Σ
	Very Low		Low		Medium Level		High		Very High				
	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Survey basis
Uneducated	2 (100)	0.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.3	2 (100)	2.0	0.3
Primary School	61 (43.9)	12.7	66 (47.5)	32.2	12 (8.6)	34.6	0	36.8	0	22.7	139 (100)	139.0	20.2
Middle School	0	18.9	93 (45.1)	47.7	98 (47.6)	51.3	15 (7.3)	67.3	0	33.6	206 (100)	206.0	30.0
High School	0	23.3	0	58.8	61 (24.0)	63.2	161 (63.4)	67.3	32 (12.6)	41.4	254 (100)	254.0	37.0
University	0	7.9	0	19.9	0	21.4	6 (7.0)	22.8	80 (93.0)	14.0	86 (100)	86.0	12.5
Total. Σ	63 (9.2)	63.0	159 (23.1)	159.0	171 (24.9)	171.0	182 (26.5)	182.0	112 (16.3)	112.0	687 (100)	687.0	100.0

H_0 hypothesis (H_0): There is no relationship between the two variables.

$X^2_{critical} = 34.27$ with $df=16$ and $\alpha=0.05$

$X^2_{calculated} = 1065.987$

$calculated\ x^2 > x^2_{critical}$

H_0 : reject

$p < 0.001$ CC=0.780*

* $p < 0.001$

When analyzing the level of pesticide use awareness of farmers according to their educational status, 0.2% of illiterate farmers have a very low level of awareness, 47.5% of primary school graduates have a low level of awareness, 45.1% of secondary school graduates, 47.6% have a medium level of awareness and 7.3% have a high level of awareness. Among high school graduates, there were no individuals with very low and low level of awareness, while 24% had medium, 63.4% had high and 12.6% had very high level of awareness. Among university graduates, 7% have high level of awareness and 93% have very high level of awareness. The findings indicate that organic and GAP farmers have higher pesticide awareness levels compared to conventional farmers.

The results of the Chi-Square test show that there is a statistically significant relationship between education level and pesticide use awareness ($p < 0.05$). The Coefficient of Contingency (CC=0.780) shows that the relationship is at a strong level.

When we look at the pesticide use awareness levels of farmers according to their experience, 62.2% of farmers with 1-10 years of experience have very low, 35.7% have low and 2% have medium awareness level (Table 3). Among farmers with 11-20 years of experience, 1.3% have very low, 64% have low and 34.7% have medium level of awareness. Among farmers with 21-30 years of experience, 17.3% have low, 51.2% have medium and 31.5% have high level of awareness. Among farmers with 31-40 years of experience, 20.7% have medium, 65.2% have high and 14% have very high level of awareness. With these data, it is observed that the awareness of farmers increases as their experience increases. In general, when the situation of the farmers in our study area is analyzed, it is determined that the farmers who produce with organic agriculture and good agricultural practices are mostly olive farmers and their level of awareness in pesticide use has increased due to their long years of olive production.

Table 3. Awareness levels of pesticide use according to farmers' experience

Experience (years)	Level of awareness of pesticide use												Total, Σ
	Very Low		Low		Medium Level		High		Very High				
	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	
1-10	61 (62.2)	9.0	35 (35.7)	22.7	2 (2.0)	24.4	0	26.0	0	16.0	98 (100)	98.0	14.3
11-20	2 (1.3)	13.8	96 (64.0)	34.7	52 (34.7)	37.3	0	39.7	0	24.5	150 (100)	150.0	21.8
21-30	0	14.9	28 (17.3)	37.5	83 (51.2)	40.3	51 (31.5)	42.9	0	26.4	162 (100)	162.0	23.6
31-40	0	15.0	0	38.0	34 (20.7)	40.8	107 (65.2)	43.4	23 (14.0)	26.7	164 (100)	164.0	23.9
41>	0	10.4	0	26.2	0	28.1	24 (21.2)	29.9	89 (78.8)	18.4	113 (100)	113.0	16.4
Total. Σ	63 (9.2)	63.0	159 (23.1)	159.0	171 (24.9)	171.0	182 (26.5)	182.0	112 (16.3)	112.00	687 (100)	687.0	100.0

H_0 hypothesis (H_0): There is no relationship between the two variables.

$X^2_{critical} = 34.27$ with $df=16$ and $\alpha=0.05$

$X^2_{calculated} = 1132,597$

$calculated\ x^2 > x^2_{critical}$

H_0 :reject

$p < 0.001$ CC=0.789*

* $p < 0.001$

The results of the Chi-Square test show that there is a statistically significant relationship between length of experience and pesticide use awareness ($p < 0.05$). The Coefficient of Contingency (CC=0.789) shows that the relationship is at a strong level.

Table 4. Awareness levels of pesticide use according to different farming systems

Producers	Level of awareness of pesticide use												Total, Σ
	Very Low		Low		Medium Level		High		Very High				
	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected	Observed (%)	Expected			
Organic Farmers	2 (1.0)	18.3	22 (11.0)	46.3	58 (29.0)	49.8	74 (37.0)	53.0	44 (22.0)	32.6	200 (100)	200.0	29.1
GAP Farmers	2 (1.8)	10.0	15 (13.8)	25.2	24 (22.0)	27.1	31 (28.4)	28.9	37 (33.9)	17.8	109 (100)	109.0	15.9
Conventional Farmers	59 (15.6)	34.7	122 (32.3)	87.5	89 (23.5)	94.1	77 (20.4)	100.1	31 (8.2)	61.6	378 (100)	378.0	55.0
Total, Σ	63 (9.2)	63.0	159 (23.1)	159.0	171 (24.9)	171.0	182 (26.5)	182.0	112 (16.3)	112.0	687 (100)	687.0	100.0

H_0 hypothesis (H_0): There is no relationship between the two variables.

$X^2_{critical} = 21.95$ with $df=8$ and $\alpha=0.05$

$X^2_{calculated} = 124.391$

$calculated\ x^2 > x^2_{critical}$

H_0 :reject

$p < 0.001$ CC=0.392*

* $p < 0.001$

When we look at the level of awareness of pesticide use according to different farmers, 1 of the organic farmers has a very low level of awareness, while 11% have a low level of awareness, 29% have a medium level, 37% have a high level and 22% have a very high level of awareness (Table 4). Among the farmers practicing Good Agricultural Practices (GAP), 1.8% have very low, 13.8% have low, 22% have medium, 28.4% have high and 33.9% have very high level of awareness. Among the conventional farmers, 15.6% have very low, 32.3% have low, 23.5% have medium, 20.4% have high and 8.2% have very high awareness. With these data, it was determined that the awareness levels of farmers practicing organic farming and good agriculture were higher than those of farmers practicing conventional agriculture.

The Chi-Square test shows that there is a statistically significant relationship between different farming systems and pesticide use awareness ($p < 0.05$). The Coefficient of Contingency ($CC = 0.392$) shows that the relationship is at a moderate level.

Table 5: Comparison of Awareness Score with Different Producer Groups

Categories	n	$\bar{x}$	ss	F	p	Post Hoc (Tukey)
Organic Farmers ^a	200	62.025	17.202	59.779	0.000	a > c, b > c
GAP Farmers ^b	109	64.395	19.017			
Conventional Farmers ^c	378	45.722	22.451			

According to the ANOVA results in Table 5; the awareness levels of different producer groups differ statistically significantly ($p < 0.05$). According to the post-hoc test performed to understand which groups this difference arises from; it is seen that the scores of the scale used to determine the awareness levels of the producers engaged in conventional agriculture are lower than the organic agriculture producers and GAP farmers. The average level of consciousness of organic farmers (62.025) and GAP farmers (64.395) is at the level, while the level of consciousness of conventional farmers (45.722) is at the medium level.

Proportional Data

In our research, the data obtained from the questionnaires were also calculated proportionally (%) (Table 6).

Table 6: Findings on Farmers' Knowledge, Use and Supply of Pesticides

Question	Answer					
	Organic Farming (%)		GAP Farming (%)		Conventional Farming (%)	
	Yes	No.	Yes	No.	Yes	No.
Do you read the labels of the pesticides you take?	62	12	58	16	30	48.5
Do you pay attention to the expiry date when buying pesticides?	80	6	69.5	10.5	60.5	30
Do the pesticides you use leave residues on the product?	8	65	17	58.5	46.5	32
Have you heard of the MRL concept before?	80	10	62	18	25	55
Are pesticides harmful to human health?	93	0	95	0	75.5	19
Do you use protective equipment when spraying?	45	36	85	15.5	23	56
Do you take care not to harm the environment during spraying?	85	3	82.5	1	42.5	35.5
Do you care about the health of consumers?	91	4	89	4.5	78	11
Do you know the special signs and warnings on pesticide labels?	51	36	40.5	36	29.5	47
Do you know the number of the National Poison Centre?	23	65	38.5	51.5	16	79

When the parameters with the highest % value are considered, 62% of organic farmers answered yes, 58% of good agricultural practices farmers answered yes and 30% of conventional farmers answered yes to the question "Do you read the labels of the pesticides you use?". To the question "Do

you pay attention to the expiry date when purchasing pesticides?" 80% of organic farmers answered yes, 69.5% of good agricultural practices farmers answered yes and 60.5% of conventional farmers answered yes. To the question "Do the pesticides you use leave residues on the product?", 8% of organic farmers answered yes, 17% of good agricultural practices farmers answered yes and 46.5% of conventional farmers answered yes. To the question "Have you heard of the MRL concept before?" 80% of organic farmers answered yes, 62% of good agricultural practices farmers answered yes and 25% of conventional farmers answered yes.

To the question whether pesticides are harmful to human health, 93% of organic farmers answered yes, 95% of good agricultural practices farmers answered yes and 75.5% of conventional farmers answered yes. To the question "Do you use protective equipment while spraying?", 45% of organic farmers answered yes, 85% of good agricultural practices farmers answered yes and 23% of conventional farmers answered yes. To the question "Do you pay attention not to harm the environment at the time of spraying?", 85% of organic agriculture farmers answered yes, 82.5% of good agricultural practices farmers answered yes and 42.5% of conventional agriculture farmers answered yes. To the question "Do you care about the health of consumers?" 91% of organic farmers answered yes, 89% of good agricultural practices farmers answered yes and 78% of conventional farmers answered yes. When asked if they were aware of the special signs and warnings on the labels of pesticides, 51% of organic farmers answered yes, 40.5% of good agricultural practices farmers answered yes and 29.5% of conventional farmers answered yes. When asked if they know the number of the National Poison Centre 23% of organic farmers answered yes, 36.5% of good agricultural practices farmers answered yes and 16% of conventional farmers answered yes.

Based on the findings, it is observed that most of the farmers in Çanakkale lack knowledge on pesticide use. In particular, it was found that the majority of farmers engaged in conventional farming relied on their own experience in determining pesticide dosage, but farmers practicing good agriculture and organic farming take label instructions and the recommendations of agricultural engineers into consideration more. These results are in line with the study conducted by Wilson and Tisdell (2000) which showed that education level has a significant effect on pesticide use awareness.

Similarly, in a study conducted by Özerkan and Taşçı (2022) Although Türkiye is below the world average in terms of pesticide use, when analyzed on a regional basis, it is determined that pesticide use is much higher than the world average, especially in the Mediterranean Region.

In the study of Madaki et al. (2024) assessed the level of knowledge on pesticide use and personal protective equipment usage habits of smallholder farmers in Ogun State, Nigeria. A survey of 156 farmers revealed that one-third of farmers left pesticide residues in the field, 65 percent randomly disposed of empty pesticide containers and 79 percent did not use basic personal protective equipment such as respiratory masks. The study emphasizes that farmers' knowledge on pesticide management is low and existing methods of information provision are inadequate. It is recommended that government agencies, distributors and farmers should increase education and awareness activities for effective pesticide use.

Conclusion

In conclusion, the study revealed the level of awareness on pesticide use among different farming systems in Çanakkale Province. Organic farming and good agricultural practices reduce the risks on environment and human health by limiting the use of pesticides. However, it was determined that the level of awareness of farmers engaged in conventional agriculture on pesticide use should be increased. Accordingly, it is recommended to strengthen more widespread training programs, advisory services and inspection mechanisms in order to increase the awareness of farmers on pesticide use. Additionally, promoting environmentally friendly agricultural practices, such as biological control methods and integrated pest management, is considered an essential strategy to mitigate the negative effects of pesticides.

Ethics Committee Approval

It was prepared within the framework of the Ethics Committee Decision of Çanakkale Onsekiz Mart University, Graduate Education Institute Ethics Committee dated 08.09.2023 and numbered 11/18.

Acknowledgments

This study is part of the first author's master's thesis.

Authors' Contributions

Authors declare the contribution of the authors is equal.

Conflicts of Interest Statement

The authors have declared no conflict of interest.

References

- Akar, T., Tiryaki, O., 2018. Farmers' awareness and knowledge level of pesticide use in Antalya Province, Turkey. *Journal of Agricultural Research*. 12(3): 45-60.
- Akkouch, N. H., Halwani, J., Shaarani, I., 2025. Exploring pesticide knowledge, practices, and health perceptions among farmers in akkar, lebanon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 22(2): 260.
- Arslan, H., Yildiz, R., Demir, S., 2018. The effects of pesticide use on human health and the environment. *Environmental Science Journal*. 15(4): 78-92.
- Collins M., 1986. Sampling. In: *Consumer market research handbook*. Worcester, R.M., Downham, J., (Eds.), London: McGraw-Hill, 840 pp.
- Cronbach L.J., 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 16: 297-334.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1983. *Araştırma ve Deneme Metodları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Erdal, G., Erdal, H., Ayyıldız, B., Ayyıldız, M., Çiçek, A. 2019. Pesticide use in fruit-vegetable production and awareness level of produces in tokat province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 7(10):1515-1521.
- Erdil, M., Tiryaki, O. 2020. Manisa İli'nde çiftçilerin tarım ilaçları kullanımı konusundaki bilinç düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 6(1): 81-92.
- Eryılmaz, G. A., Kılıç, O., Boz, İ. 2019. Türkiye'de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 29(2): 352-361.
- George, D. 2003. SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update. Allyn & Bacon.
- Gliem J.A., Gliem R.R., 2003. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, The Ohio State University, Columbus, OH, October 8-10, 2003.
- Graham-Bryce, I.J., 1977. Crop protection:a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and scope for improvement. *Phil, Trans . R. Soc. Lond*. 13(281):163-179.
- Hovardaoğlu, S., 1994. *Davranış Bilimleri İçin İstatistik*. (s. 365), Hatiboğlu Yayınları: Ankara.
- Jin, J., Wang, W., He, R., Gong, H., 2017. Pesticide use and risk perceptions among small-scale farmers in Anqiu County, China. *International journal of environmental research and public health*. 14(1):29.
- Kaplan, M., Ayaz, T. 2023. Mardin ili kiraz üreticilerinin bitki koruma uygulamalarında bilinç düzeylerinin belirlenmesi. *International Journal of Innovative Engineering Applications*. 7(1): 150-157.
- Kilic, S. 2016. Cronbach's alpha reliability coefficient. *Psychiatry and Behavioral Sciences*. 6(1): 47.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., Coklu, Ö. 2006. *Sosyal Bilimler İçin İstatistik*. PegemA Yayınları, Ankara
- Likert R., 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. 22 (140): 1-55.
- Madaki, M. Y., Lehberger, M., Bavorova, M., Igbasan, B. T., Kächele, H., 2024. Effectiveness of pesticide stakeholders' information on pesticide handling knowledge and behaviour of smallholder farmers in Ogun State, Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*. 26(7): 17185-17204.
- Meira, A. P. G., Zanin, L. M., Favaro, B. F., Stedefeldt, E., da Cunha, D. T., 2025. Pesticide risk perception as an attitudinal mediator: Exploratory research with farm managers and consumers. *Food Research International*. 200: 115449.
- Miran B., 2003. *Temel İstatistik*. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, Türkiye, 297 s. ISBN 975-9308800.
- Özeran, B., Taşcı, R., 2022. Türkiye'de pestisit kullanımının iller, bölgeler ve pestisit grupları açısından incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*. (375): 75-88.
- Özerdoğan, Ö., Oymak, S., Yüksel, B., Bakar, C., 2019. Plant protection products and personal protective use information, attitude, behavior of Turkish farmers. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 50(1): 18-31.
- Taşkı, U., Tiryaki, O., 2024. Investigation of consciousness levels of Çanakkale farmers on environmental and toxicological risks of pesticides. *Plant Protection Bulletin*. 64(1): 23-33.
- Teguh, F., Mohamed, S., Hamdan, M. H., Suhaimi, N. A. M., 2024. Exploring farmers' knowledge and awareness in employing beneficial plants for paddy pest management in Besut, Terengganu. *Journal of Agrobiotechnology*. 15(2): 10-18.
- Tiryaki, O., Temur, C., 2010. The fate of pesticide in the environment. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 4(10): 29-38.

- TSI, 2023. Turkish Statistical Institute. <https://cip.tuik.gov.tr/> (accessed date: 15.08.2024) (in Turkish).
- Unakıtan, G., Aydın, B., Azabağaoğlu, Ö., Hurma, H., Demirkol, C., Yılmaz, F., 2017. Bitkisel üretimde çiftçilerin girdi kullanım bilinç düzeylerinin analizi: Trakya Bölgesi örneği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*. 34(1): 104-117.
- Uzunsakal, E., Yıldız, D., 2018. Alan araştırmalarında güvenilirlik testlerinin karşılaştırılması ve tarımsal veriler üzerine bir uygulama. *Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi*. 2(1): 14-28.
- Wilson, C., Tisdell, C., 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological economics*. 39(3): 449-462.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

AI-Based Prediction of Microelement and Heavy Metal Contents in Central-Southern Anatolian Soils: A Pilot Study

Noyan Eken¹  Enes Efe²  Kamer Yazar³  Mehmet Hamurcu³ 
Fatma Gökmen Yilmaz³  Sait Gezgin³  Erdoğan Eşref Hakkı^{3*} 

¹Ege University, Department of Organic Agriculture, Ödemiş Vocational Training High School, 35750 İzmir, Türkiye

²Hitit University, Department of Electrical and Electronics Engineering, 19169 Çorum, Türkiye

³Selçuk University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, 42280, Konya, Türkiye

*Corresponding author: eehakki@selcuk.edu.tr

Received Date: 15.10.2024

Accepted Date: 13.03.2025

Abstract

The estimation of total microelement and heavy metal concentrations in soil samples taken from the Central-Southern Anatolian Region of Türkiye was conducted using artificial intelligence models. The accurate prediction of microelement contents and heavy metal contents of soils is of importance for agricultural productivity and environmental health. A total of 62 soil samples were analyzed for Boron (B), Iron (Fe), Zinc (Zn), Manganese (Mn), Copper (Cu), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Nickel (Ni) and Lead (Pb). The artificial intelligence models used in this study were Random Forest (RF), Gradient Boosting (GB), and Support Vector Regressor (SVR). Model performance was evaluated based on Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE) and R^2 scores. The best performance was achieved for the B and Cu contents, according to the results. In the case of B contents, the GB model provided the best results (MAE: 4.89, MSE: 28.01 and R^2 : 0.55), while the RF model showed the highest performance for Cu predictions (MAE: 3.20, MSE: 16.80, and R^2 : 0.75). In addition, the results indicate that the artificial intelligence models used in the present study hold promising potential for predicting microelement and heavy metal concentrations in soil samples.

Keywords: Prediction. Total micro element content, Total heavy metal content, Central Southern Anatolia Region soils, Artificial Intelligence

Yapay Zekâ ile Orta-Güney Anadolu Topraklarında Mikroelement ve Ağır Metal Tahmini: Pilot Bir Çalışma

Öz

Türkiye'nin Orta-Güney Anadolu Bölgesi'nden alınan toprak örnekleri üzerinde toplam mikro element ve toplam ağır metal konsantrasyonlarının tahmini yapay zekâ modelleri kullanılarak yapılmıştır. Toprakların mikro element ve ağır metal içeriklerinin doğru şekilde tahmin edilmesi tarımsal verimlilik ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Toplam 62 toprak örneğinde Bor (B), Demir (Fe), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Bakır (Cu), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Kurşun (Pb) elementleri analiz edilmiştir. Bu çalışmada yapay zekâ modelleri olarak Random Forest (RF), Gradient Boosting (GB) ve Support Vector Regressor (SVR) kullanılmıştır. Modellerin performansı, Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Kare Hatası (MSE) ve R^2 skorları ile değerlendirilmiştir. En iyi performans B ve Cu içeriklerinde elde edilmiştir. B içeriği tahmininde en iyi sonuç GB modeliyle sağlanmıştır (MAE: 4.89, MSE: 28.01, R^2 : 0.55). Cu içeriği tahmininde ise RF modeli üstünlük göstermiştir (MAE: 3.21, MSE: 16.81, R^2 : 0.75). Ayrıca sonuçlar, bu çalışmada kullanılan yapay zeka modellerinin toprak örneklerindeki mikroelement ve ağır metal konsantrasyonlarının tahmini için umut verici bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Tahmin, Toplam mikro element içeriği, Toplam ağır metal içeriği, Orta Güney Anadolu Bölgesi toprakları, Yapay Zeka

Introduction

Soil is considered a vital resource for global food production and ecosystem balance. The sustainability of agricultural activities depends on the preservation and optimization of soil quality. The abundance of microelements and heavy metals in the soil directly affects plant growth and agricultural productivity. Although microelements are required by plants in trace amounts, their deficiency or excess can negatively impact crop quality and yield. Additionally, the use of agricultural chemicals and industrialization can lead to the accumulation of heavy metals in the soil, which poses a threat to both plant and human health (Khosravi et al., 2018; Nie et al., 2024). Accurate analysis of soil components is essential for improving agricultural productivity and maintaining ecosystem health. Predicting the chemical properties of soil offers valuable insights into nutrient availability and potential toxicities, forming a foundation for sustainable land management practices.

Gezgin et al. (2002) conducted a comprehensive analysis of soils from Central and Southern Anatolia, focusing on B content and its influencing factors. Their findings revealed significant variability in soil properties, including pH (8.59–9.4), electrical conductivity (0.047–3.34 mS cm⁻¹), lime content (0.17–69.1%), and organic matter content (0.15–8.8%). They also identified diverse soil texture classes, with 51% classified as fine, 44.5% as loamy, and 4.5% as coarse. Extractable microelement concentrations, such as Fe, Zn, Mn, and Cu, varied widely, while extractable B ranged from 0.01–63.9 mg kg⁻¹. Notably, 26.6% of the soils were boron-deficient (<0.5 mg kg⁻¹), whereas 9.9% exhibited toxic boron levels (>0.5 mg kg⁻¹), highlighting the need for targeted soil management strategies.

Similarly, Ozyazici et al. (2017) investigated heavy metal contamination in agricultural soils from the Central and Eastern Black Sea Region. Using geostatistics combined with GIS, they analyzed 3400 surface soil samples and quantified levels of Cd, Co, Cu, Ni, Pb, and Zn. Their results indicated that while Ni and Co concentrations exceeded threshold levels due to natural sources, other heavy metals remained below critical values. The average concentrations of heavy metals followed the order: Ni > Zn > Cu > Pb > Co > Cd. This study emphasized the importance of distinguishing between natural and anthropogenic sources of contamination to develop effective mitigation strategies.

Traditional soil analysis methods, while accurate, are often labor-intensive, time-consuming, and costly. These limitations highlight the potential of advanced data science techniques, such as artificial intelligence (AI) and machine learning (ML). By utilizing large datasets, these technologies can streamline soil analysis, predict microelement and heavy metal concentrations, and enable efficient large-scale assessments, offering a valuable tool for modern agricultural practices. AI models can learn from large datasets and make predictions regarding microelement and heavy metal contents based on soil characteristics. Recent studies have demonstrated that AI has proven to be an effective tool in the fields of agriculture and environmental sciences. For instance, (Shi et al., 2022) and (Khosravi et al., 2018) have shown that AI models integrated with spectral analysis yielded successful results in predicting heavy metal contamination. Random Forest (RF) and Gradient Boosting (GB) algorithms, in particular, are among the widely used models in soil analysis (Nie et al., 2024). However, as far as we know, studies using limited datasets remain scarce, and comprehensive research focusing on the prediction of microelements and heavy metals based on fundamental soil components is still lacking.

The existing literature highlights the use of various AI methods for predicting elements in agricultural soils. (Nie et al., 2024) successfully predicted the distribution of heavy metals such as Cr, Cd, Pb, and As in agricultural soils using the RF model. Similarly, (Shi et al., 2022) developed hybrid AI models to estimate heavy metal content in soils by leveraging remote sensing images. Additionally, (Khosravi et al., 2018) monitored heavy metal pollution using spectral data combined with machine learning techniques. (Luce et al., 2017) used visible near-infrared spectroscopy to predict heavy metal concentrations in soils contaminated with paper mill waste. These studies also underscore the challenges of working with limited datasets (Khosravi et al., 2018; Munnaf and Mouazen, 2021).

This study integrates laboratory analyses and advanced AI modeling to comprehensively evaluate the microelement and heavy metal contents of soils. By leveraging key soil physicochemical properties such as pH, electrical conductivity (EC), lime content, texture, and organic matter from the Central and Southern Anatolian regions, robust AI models were developed and validated using metrics such as Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), and R². The primary objective of this research is to establish a reliable framework for predicting soil microelement and heavy metal concentrations through AI-based approaches. The findings not only contribute to precision agriculture

by enabling efficient and cost-effective soil management strategies tailored to the unique characteristics of these regions but also provide a foundation for future studies exploring the integration of AI in soil science and sustainable agriculture.

Materials and Method

Central and Southern Anatolia Geological Features

The study area, located in the intermediate zone of Central Anatolia, lies between the Northern Anatolian (Anatolides) and Southern Anatolian (Taurides) fold systems. This region features a diverse geomorphology, including basins, tablelands, isolated folds, volcanic zones, and ancient crystalline masses (Lahn, 1949). The central portion of this zone is defined by three major geological units: (1) the Anatolide folds, comprising the Ankara fan, Çankırı-İskilip ranges, and Çorum fan, delineating the western, northern, and northeastern boundaries; (2) the volcanic zone of Hasan Dağı in the southeast; and (3) the inner Tauride folds in the south. Highlands such as Kırşehir-Keskin and Boz Dağlar further divide the region into three depressions: the Middle Kızılırmak-Delice Irmak basin, the Tuz Gölü basin, and the Konya-Ereğli basin. Volcanic activity in the Karaman district, located in the southern portion of the Central Anatolian Plateau, occurred over four distinct phases during the Late Pliocene to Late Pleistocene. The oldest volcanic deposits, dated at 3.2 million years, are found in the Mercik area, followed by volcanic formations in Sızak, Kartallık, and Kızıldağ, dated at 1.95–2.05 million years. A significant caldera-forming event approximately 1.1 million years ago produced andesites, tuffs, pumice, and volcanic breccias, with base surge deposits observed on the caldera's northern flank. The youngest volcanic activity, producing late-stage andesites, is seen in Bozdağ and Değle Dağı. Additionally, the region includes pre-Neogene crystalline limestones and Neogene formations comprising conglomerates, sandstones, and limestones (Koç, 1987). Climatic conditions in the region reflect a semi-arid climate, with annual average temperatures of 11.7°C and 12.1°C for Konya and Karaman provinces, respectively, and long-term annual precipitation averages of 329.7 mm for Konya and 336.7 mm for Karaman (MGM, 2025).

Soil Sampling

A total of 62 soil samples, each weighing at least 1 kg, were collected through random sampling from various districts in the Central and Southern Anatolian regions, specifically representing the soils of Konya Province. The samples were taken from Seydişehir (10 samples), Karapınar (14 samples), Selçuklu and Meram (11 samples combined), Karatay (10 samples), Cihanbeyli (3 samples), Kulu (7 samples), Hüyük (2 samples), and Sarayönü (1 sample) districts. Additionally, 4 soil samples were collected from Karaman Province. These samples were taken homogeneously from a depth of 0–30 cm to represent the region and were subsequently analyzed for essential soil properties, including pH, electrical conductivity (EC), lime percentage, organic matter percentage, and texture. These variables were used to estimate the concentrations of microelements and heavy metals. This research focused on predicting microelement and heavy metal contents in soils from agricultural lands in the Central-Southern Anatolia region of Türkiye (Figure 1), covering approximately 324.61 ha in the Central Anatolia Region (Konya Province) and 47.22 ha in the Southern Anatolia Region (Karaman Province). To assess model performance, standard evaluation metrics such as MAE, MSE, and R^2 scores were applied. The results highlight the potential of AI techniques in predicting soil microelements and heavy metals, even with limited data. This demonstrates how AI can significantly improve soil quality monitoring and management, ultimately supporting more sustainable agricultural practices in the region. Furthermore, the integration of AI methods with soil analysis provides an innovative approach for better understanding and managing soil health. It offers valuable insights into sustainable farming practices in areas with diverse environmental conditions.

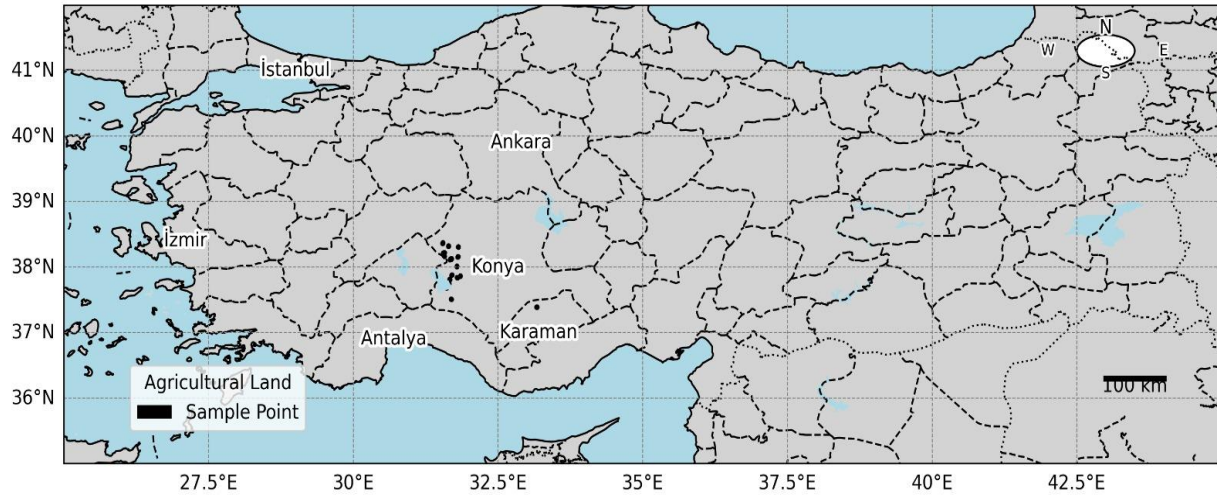


Figure 1. Location map of the study area

Soil Physico-Chemical Analyses

Upon arrival at the laboratory, the soil samples were air-dried at room temperature and sieved through a 2 mm mesh. The following key soil properties were analyzed:

- **pH:** The pH of each soil sample was measured using a potentiometric method by preparing a soil-water mixture (1:2.5 ratio) (Jackson, 1958).
- **Electrical Conductivity (dS cm^{-1}):** Electrical conductivity was determined using an EC meter, which measures the soil solution's ability to conduct electricity (Jackson, 1958).
- **Lime Content (CaCO_3 %):** The lime content was determined by adding hydrochloric acid (HCl) to the soil samples, and the percentage of calcium carbonate (CaCO_3) was calculated based on the amount of carbon dioxide (CO_2) (Hızalan and Ünal, 1966).
- **Organic Matter (%):** Organic matter content was quantified using the Smith-Weldon Method, which involves the oxidation of organic material by dichromate (Smith and Weldon, 1941).
- **Texture Class (%):** The texture analysis was determined according to the Bouyocous method (Gee, 1986).
- **Total Micro Elements and Heavy Metals Contents (mg kg^{-1}):** The total concentrations of trace elements and heavy metals were determined using the aqua regia extraction method and quantified with a Varian Vista ICP-OES instrument (Kick et al., 1980).

Artificial Intelligence Statical Analyses

The statistical analysis involved developing machine learning models to predict the microelement and heavy metal contents of the soil based on its physicochemical properties. The independent variables (X) included pH, EC, lime percentage, organic matter percentage, and soil texture, while the dependent variables (y) were the concentrations of microelements (B, Fe, Zn, Mn, Cu) and heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb).

Data Normalization: Data normalization is an essential preprocessing step in machine learning to ensure that all features contribute equally to the model. In this study, we employed the StandardScaler method, which transforms the features by subtracting the mean and dividing by the standard deviation, resulting in data with a mean of 0 and a standard deviation of 1. This scaling process is crucial, especially for machine learning algorithms like Support Vector Regressor (SVR), which are sensitive to the magnitude of feature values. Without normalization, features with larger magnitudes could dominate the learning process, leading to biased predictions. By applying this technique, we ensured that the model treated each soil property (pH, EC, lime, and organic matter) equally, improving the overall model accuracy and stability.

Training and Testing Data: In this study, an 80:20 data split was applied, dividing the dataset into training (80%) and testing (20%) sets (Gholamy et al., 2018). The training data was used to train the machine learning models, while the testing data was held out to evaluate the model's generalization performance on unseen data. This method ensures that the model learns from the training data and

generalizes well to new data, thereby preventing overfitting. According to (Hastie et al., 2009), partitioning the dataset in this way is a standard approach in statistical learning and is critical to achieving a robust model evaluation. (Kohavi, 1995) also emphasized that separating training and testing data is vital for ensuring unbiased performance estimates in machine learning models. By utilizing a separate testing set, the model's ability to make predictions on data it has not encountered before is assessed, providing a clearer picture of its generalization capabilities.

Machine Learning Models: To model the relationships between soil properties and the concentrations of microelements (B, Fe, Zn, Mn, and Cu) and heavy metals (Cd, Cr, Ni, and Pb), we employed three different machine learning algorithms:

Random Forest: Random Forest (RF) is a robust ensemble learning algorithm introduced by (Breiman, 2001). It addresses the limitations of decision trees, such as overfitting and high variance, by constructing multiple decision trees and aggregating their outputs. Each decision tree in the forest is trained on a random subset of the data through a process known as bootstrap sampling, where samples are drawn with replacement to ensure diversity among the trees. At each node within the trees, a random subset of features is considered during the split—a technique referred to as random feature selection. This approach reduces correlation between the trees, enhances generalization, and minimizes overfitting.

For regression tasks, the final prediction $\hat{y}$ is obtained by averaging the predictions from all decision trees:

$$\hat{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_i(X) \quad (1)$$

Where $T_i(X)$ is the prediction from the i -th tree, and m is the total number of trees in the forest. For classification tasks, the final class prediction $\hat{y}$ is determined by the majority vote across the trees:

$$\hat{y} = \text{mode}(T_1(X), T_2(X), \dots, T_m(X)) \quad (2)$$

To evaluate the best splits at each node, the Gini impurity for classification is commonly minimized, defined as:

$$I_G(t) = 1 - \sum_{i=1}^k p_i^2 \quad (3)$$

Where p_i is the proportion of class i at node t , and k is the number of classes. In the case of regression, splits are chosen to minimize the MSE. This ensemble method improves both accuracy and generalization of the model by combining predictions from multiple trees, making it robust against overfitting and highly effective for a wide range of tasks.

Gradient Boosting: Gradient Boosting (GB) is an iterative machine learning algorithm used for both regression and classification tasks. Its primary goal is to build a model by sequentially adding weak learners, typically decision trees, to correct the errors made by previous trees. GB aims to minimize a loss function using gradient descent, which measures the difference between the actual and predicted values (Sigrist, 2021).

The algorithm starts with an initial model, usually a simple prediction (like the mean for regression), and then adds trees iteratively to improve predictions. At each step, the residuals (errors from the previous model) are used to fit a new decision tree, with the goal of reducing these errors. The new tree is added to the existing model with a weight controlled by a learning rate, which prevents overfitting by limiting how much each tree contributes.

The core equation for GB is:

$$F_{m+1}(x) = F_m(x) + \eta \cdot h_m(x) \quad (4)$$

Where:

- $F_m(x)$ is the prediction from the model at the m -th iteration.
- $h_m(x)$ is the new decision tree fitted to the residuals.
- η is the learning rate, a hyperparameter that controls how much of the new tree's prediction is added to the model.

The algorithm minimizes a specified loss function $L(y, \hat{y})$, such as MSE for regression or log loss for classification. The residuals used to fit the new tree are the negative gradients of this loss function with respect to the model's predictions. In mathematical terms, for each data point i , the residuals are:

$$r_i(x) = - \frac{\partial L(y_i, F_m(x_i))}{\partial F_m(x_i)} \quad (5)$$

Thus, the new decision tree $h_m(x)$ is fitted to these residuals to minimize the error at each step (Ke et al., 2017).

Support Vector Regressor (SVR): One of the machine learning models used in this study is the SVR, a powerful algorithm designed to address regression problems. SVR is built on the foundational principles of the Support Vector Machine (SVM) algorithm, which is commonly used for classification tasks, but extended here to predict continuous values (Awad et al., 2015). SVR is particularly useful for modeling both linear and non-linear relationships between input features and the target variable, utilizing support vectors to form the regression line.

The main objective of SVR is to learn the underlying patterns in the data while minimizing errors within a certain margin of tolerance, known as the epsilon-insensitive loss function. Unlike traditional regression approaches that minimize the squared error, SVR ignores small deviations within a defined epsilon margin and focuses only on larger deviations outside this margin. This approach allows SVR to balance accuracy and model simplicity.

SVR is capable of handling non-linear relationships through the use of kernel functions. In this study, we employed popular kernels such as linear, polynomial, and the Radial Basis Function (RBF). These kernels transform the input data into a higher-dimensional space, where non-linear relationships can be more easily modeled with a linear decision boundary.

The regularization parameter (C) controls the trade-off between the model's complexity and its tolerance to errors. A smaller value of (C) allows for a simpler model with greater tolerance for errors, while a larger (C) places more emphasis on minimizing errors, potentially leading to overfitting.

The epsilon parameter defines a margin of tolerance around the predicted function, within which deviations from the true target values are ignored. By tuning epsilon, the model can be adjusted to disregard small variations in the data, resulting in a more generalized model.

SVR performs exceptionally well with high-dimensional datasets, as it focuses on the most informative data points (support vectors) to construct the model. However, the performance of SVR is highly sensitive to the choice of kernel function and the tuning of hyperparameters such as (C) and the epsilon parameter. Additionally, SVR can be computationally expensive when applied to large datasets due to the complexity of solving quadratic optimization problems.

In this study, SVR was employed to model the relationships between the chemical properties of soil samples (pH, EC, organic matter, and lime percentage) and the concentrations of microelements and heavy metals. The results indicate that SVR effectively captures both linear and non-linear relationships, significantly improving prediction accuracy (Awad et al., 2015).

Hyperparameter Tuning: To enhance the predictive accuracy of each machine learning model, GridSearchCV was employed for hyperparameter optimization. GridSearchCV systematically tests multiple combinations of hyperparameters to identify the set that maximizes model performance (Bergstra and Bengio, 2012). This technique is crucial in machine learning, as the choice of hyperparameters significantly influences model accuracy, robustness, and generalization capabilities.

For instance, in the RF model, critical hyperparameters such as the number of trees ($n_estimators$) and the maximum depth of each tree (max_depth) were adjusted to improve performance. Similarly, for the GB model, hyperparameters such as the learning rate and the number of boosting stages were fine-tuned to enhance predictive capabilities. In each model, a wide range of values for each parameter was tested.

The GridSearchCV method utilizes cross-validation to evaluate model performance across different subsets of the data. This ensures that the model's predictive accuracy is consistent and not biased toward any particular subset of the training data (Hastie et al., 2009). Cross-validation also helps prevent overfitting, where a model performs well on the training data but fails to generalize to unseen data. Through this method, we ensured that the models developed were robust and generalized well across varying data samples.

Data Augmentation Techniques: Given the relatively small size of the dataset used in this study, data augmentation techniques were applied to artificially expand the training data and improve the model's generalization ability. These techniques create additional training samples by introducing slight variations to the existing data, enabling the model to learn more robust patterns and reduce the risk of overfitting. The following augmentation methods were employed:

- **Random Sampling:** This technique generates new samples by adding small amounts of noise to the original data. By slightly perturbing the feature values, this method increases the variety of data points, helping the model better capture variability and learn from diverse scenarios (Hastie et al., 2009).
- **Jittering:** Jittering involves adding random Gaussian noise to the input features, creating slightly altered versions of the original samples. This prevents the model from memorizing specific patterns in the data and enhances its ability to generalize to unseen data (Geman et al., 1992). Jittering is particularly useful for models prone to overfitting when dealing with a limited number of data points.
- **Bootstrap Sampling:** This method involves creating new training sets by sampling with replacement from the original dataset. Bootstrap sampling enables the construction of multiple variations of the training data, allowing the model to learn from diverse subsets (Tibshirani and Efron, 1993). It has been widely used in ensemble methods to enhance robustness by training the model on different subsets of data, thereby reducing overfitting and improving generalization.

These augmentation techniques were crucial in improving the performance of the machine learning models in this study, allowing them to learn from limited data and make more accurate and robust predictions.

Evaluation Metrics and Performance Criteria: In this study, various evaluation metrics were used to assess the performance of the machine learning models employed for predicting the concentrations of microelements and heavy metals in soil samples. The chosen metrics were critical for understanding the model's accuracy, error rate, and overall predictive capability. These metrics are widely used in regression problems and offer a comprehensive view of the model's performance across various aspects (Wang et al., 2022).

The following performance metrics were used:

The Mean Absolute Error (MAE) measures the average magnitude of the errors between predicted values $\hat{y}$ and actual values y , without considering the direction of the errors. It provides a straightforward interpretation of the model's accuracy by averaging the absolute differences between predicted and observed values. A lower MAE indicates better model performance.

The formula for MAE is:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (6)$$

where:

- n is the number of observations,
- y_i represents the actual value, and
- $\hat{y}_i$ represents the predicted value.

MAE gives a clear insight into the model's accuracy by showing the average error magnitude, without amplifying larger errors as is the case with squared errors.

The Mean Squared Error (MSE) is another common metric for evaluating regression models. Unlike MAE, MSE squares the error terms, which places greater emphasis on larger errors. This makes it a more sensitive metric to large deviations from the true values.

The formula for MSE is:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (7)$$

MSE provides an overall view of the error distribution by penalizing larger deviations, which can highlight where the model struggles with extreme values. A lower MSE indicates better model performance, with zero indicating a perfect fit.

The R-squared (R^2) metric, also known as the coefficient of determination, measures the proportion of the variance in the dependent variable that is predictable from the independent variables. R^2 provides an indication of the goodness-of-fit of the model. A value closer to 1 indicates that the model explains a large proportion of the variance, while values closer to 0 indicate that the model fails to explain much of the variability in the data.

The formula for R^2 is:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

Where $\bar{y}$ is the mean of the actual values.

An R^2 value of 1 represents a perfect fit, meaning that the model captures all the variance in the data. However, R^2 can sometimes give misleading results in the presence of overfitting or for non-linear models, which is why it is used alongside other metrics like MAE and MSE.

Results and Discussion

Physico-Chemical Properties of Soil

In addition to the physico-chemical properties of the soil samples, the maximum, minimum, and mean values of the total microelement and heavy metal contents are presented in Table 1.

Table1. The summary statistics of the soil physico-chemical properties analyzed

Regions from Which Soil Samples Were Collected	Soil Sample Code	pH	EC (dS cm ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Organic Matter (%)	Texture Class
Central Anatolia Region	T1	7.60	0.26	1.39	1.43	CL
	T2	7.40	0.19	1.39	1.20	CL
	T3	7.80	0.11	1.39	1.22	CL
	T4	7.10	0.20	1.39	1.48	CL
	T5	7.10	0.22	1.39	1.26	CL
	T6	7.30	0.28	1.39	0.62	CL
	T7	7.90	0.25	1.40	1.07	
	T8	7.90	0.14	3.49	1.24	CL
	T9	8.00	0.11	2.10	0.93	L
	T10	6.50	0.15	1.39	1.37	CL
	T11	7.90	0.10	35.77	1.27	CL
	T12	7.60	0.15	34.37	1.59	CL
	T13	7.90	0.18	21.04	1.05	CL
	T14	8.00	0.23	27.36	1.20	L
	T15	8.00	0.17	35.07	1.20	CL
	T16	8.00	0.10	30.86	1.21	CL
	T17	8.00	0.21	23.85	1.71	CL
	T18	8.00	0.17	49.18	1.28	CL
	T19	8.00	0.18	28.93	1.39	CL
	T20	7.90	0.24	32.27	1.76	L
Central Anatolia Region	T21	8.10	0.17	37.88	1.44	L
	T22	7.80	0.39	23.15	1.03	L
	T23	7.80	0.23	13.33	1.43	CL
	T24	8.00	0.10	14.73	0.94	CL
	T25	8.00	0.29	5.01	1.37	CL
	T26	7.90	0.19	5.72	0.88	C
	T27	8.00	0.24	22.2	0.64	CL
	T28	7.80	0.20	13.5	1.18	CL
	T29	7.80	0.16	16.19	0.70	CL
	T30	8.00	0.12	12.2	0.86	CL
	T31	8.10	0.16	8.58	1.20	CL
	T32	8.00	0.15	18.6	1.27	CL
	T33	8.00	0.22	15.7	1.41	CL
	T34	7.90	0.21	7.87	1.07	CL
	T35	8.20	0.11	36.50	0.84	CL
	T36	8.02	0.34	41.50	1.66	CL
	T37	8.10	0.19	42.20	1.24	CL
	T38	7.90	0.36	44.30	1.14	CL

Table 1.						
cont.	T39	8.10	0.12	44.30	1.29	CL
	T40	8.00	0.16	41.50	1.30	CL
	T41	8.10	0.08	49.30	1.01	CL
	T42	7.90	0.13	35.00	1.46	CL
	T43	8.00	0.12	16.50	1.07	CL
	T44	8.00	0.16	12.20	1.20	CL
	T45	8.00	0.18	8.58	1.31	CL
	T46	7.90	0.21	35.00	1.08	CL
	T47	7.80	0.33	4.29	0.79	L
	T48	7.80	0.17	7.15	1.47	CL
	T49	7.90	0.10	4.29	1.29	L
	T50	7.80	0.19	7.15	1.19	CL
	Central	7.90	0.16	8.57	1.01	CL
	Anatolia	7.90	0.19	8.57	1.07	CL
	Region	7.80	0.17	10.70	0.90	L
	T54	7.90	0.15	9.29	0.93	CL
	T55	7.80	0.18	7.86	1.01	CL
	T56	7.60	0.10	2.08	1.26	CL
	T57	7.40	0.09	1.39	1.33	CL
	T58	8.10	1.90	23.00	2.20	SL
	T59	7.80	0.22	7.63	1.31	CL
	Southern	7.80	0.19	20.8	1.26	CL
	Anatolia	7.80	0.14	9.71	1.15	CL
	Region	8.10	0.16	3.47	1.37	CL
	Minimum Value	6.50	0.08	1.39	0.62	
	Maximum Value	8.20	1.90	49.3	2.20	
	Average	7.84	0.21	17.63	1.21	

Abbreviations.:C:Clay, L:Loam, CL:Clay Loam, SL:Sandy Loam

The pH values of the soils sampled from the Central and Southern Anatolia regions ranged from 6.50 to 8.20. It was determined that 90.32% of the soils were mildly alkaline, while 9.68% were neutral. The EC values of the soils ranged from 0.08 to 1.90 dS/cm, with 88.71% classified as highly saline and 11.29% as very saline. The lime content of the soils ranged from a minimum of 1.39% to a maximum of 49.3%, with 25.81% classified as calcareous, 32.26% as moderately calcareous, 14.52% as highly calcareous, and 27.42% as very highly calcareous. The organic matter content ranged from 0.62% to 2.20%, with 17.74% classified as very low, 80.65% as low, and 1.62% as moderate. Texture analysis revealed that 82.26% of the soils were clay loam, 14.52% were loam, and 1.61% were sandy loam and clay. In a study by (Gezgin et al. (2002)), the pH values of soils in the Central Anatolia region were similarly reported as alkaline. The EC values indicated that 13.5% of the soils were classified as highly saline. Lime content in their study was distributed as 13.6% lightly calcareous, 53.3% calcareous, and 33.1% highly calcareous. Regarding organic matter content, 87.5% of the soils had low levels, while 12.5% had adequate organic matter. Soil texture was reported as 51% fine-textured, 44.5% loamy, and 4.5% coarse-textured. A comparison of the results reveals notable differences between the present study and those of (Gezgin et al. (2002)). While both studies agree on the alkaline nature and lime content of the soils, this study shows significantly higher salinity levels, likely due to recent changes in climate and agricultural practices. The increased salinity may be attributed to climate change, improper fertilization, and unsustainable farming practices over the years. Additionally, the low organic matter content observed in both studies underscores the negative impact of these practices on soil health. These findings highlight the urgent need to adopt sustainable farming methods that address soil salinity and organic matter depletion to maintain soil quality and productivity in the long term.

Total Microelement and Total Heavy Metal Contents of the Soils

In addition to the total macroelement, microelement, and heavy metal contents of the soil samples, the maximum, minimum, and mean values are also presented in Table 2.

Table2. The summary statistics of the total microelements and heavy metals in the soil are presented based on the analysis.

Regions fromWhich Soil Samples Were Collected	Soil Sample Code	Micro Elements mg kg ⁻¹						Heavy Metals mg kg ⁻¹			
		B	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	Cr	Mo	Ni	Pb
Central Anatolia Region	T1	39.09	28702.06	69.99	681.45	32.59	0.57	41.05	0.75	27.86	173.88
	T2	42.47	29491.09	72.38	932.36	42.92	0.56	67.34	1.56	51.68	270.01
	T3	46.63	34286.72	76.63	750.98	22.10	0.60	28.50	0.39	18.24	79.80
	T4	35.50	25553.44	56.74	529.98	22.38	0.52	32.13	0.77	20.07	124.24
	T5	38.79	26318.76	63.52	534.49	24.56	0.20	34.06	0.70	23.83	146.89
	T6	48.64	26793.83	69.90	473.65	28.49	0.54	55.78	1.45	34.40	166.36
	T7	43.01	26919.50	80.72	485.04	36.15	0.59	40.38	1.50	25.72	117.69
	T8	26.89	19926.86	43.76	303.27	11.05	0.27	20.24	0.52	13.18	38.05
	T9	44.92	31848.74	77.04	639.77	18.93	0.69	23.99	0.10	13.89	84.78
	T10	42.49	32314.10	61.40	786.01	25.39	0.71	39.43	1.17	22.08	138.27
	T11	30.89	14209.91	40.04	306.61	15.48	0.34	58.12	0.66	44.31	68.30
	T12	36.98	17179.08	48.22	376.53	24.96	0.32	69.46	0.55	55.71	82.39
	T13	48.17	20169.91	68.28	484.64	31.70	0.49	72.97	0.38	67.44	94.95
	T14	38.91	17060.75	53.13	378.09	23.29	0.60	55.19	0.15	52.42	85.39
	T15	32.24	12072.04	29.38	250.56	14.72	0.26	39.84	0.43	37.66	49.02
	T16	35.77	17213.84	48.47	376.15	21.71	0.31	52.01	0.41	51.07	80.77
	T17	42.00	19300.58	50.47	277.25	21.14	0.30	57.48	0.45	51.99	88.50
	T18	29.55	11334.03	36.53	326.33	15.24	0.09	35.23	0.94	32.00	52.98
	T19	45.92	18961.87	60.06	482.84	26.10	0.49	63.56	0.19	57.60	105.20
	T20	42.87	16509.16	53.66	393.85	21.58	0.36	49.32	1.59	48.42	82.54
Central Anatolia Region	T21	41.87	16970.93	51.93	403.77	23.49	0.50	49.80	1.62	47.83	82.62
	T22	46.61	18356.38	56.47	469.87	29.15	0.41	56.59	0.87	57.10	94.17
	T23	48.95	20652.37	63.54	520.41	27.35	0.57	62.10	1.27	65.77	97.99
	T24	55.64	24569.53	76.74	682.21	37.06	0.51	75.85	0.58	87.86	143.75
	T25	58.06	29005.27	168.25	961.38	46.03	0.64	204.05	0.33	308.79	133.24
	T26	46.85	27279.78	83.37	779.31	31.01	0.85	204.83	1.20	270.60	131.40
	T27	37.71	19982.59	79.00	479.52	23.21	0.48	91.92	0.49	129.41	93.38
	T28	43.26	25194.24	75.60	774.71	32.54	0.65	87.55	0.94	82.74	123.39
	T29	34.57	19385.96	54.04	464.71	20.67	0.27	42.53	0.76	37.86	104.67
	T30	40.24	23186.58	59.85	496.52	22.76	0.52	34.28	0.37	29.09	65.10
	T31	71.03	26740.35	102.13	752.06	41.94	0.72	87.59	1.57	54.68	1210.81
	T32	41.59	18750.10	65.13	680.55	31.38	0.48	53.59	0.63	47.35	143.36
	T33	61.94	23505.50	94.06	747.09	32.40	0.55	73.83	1.02	59.27	185.55
	T34	52.51	25385.70	72.52	708.26	32.11	0.60	87.03	0.33	63.80	188.08
	T35	37.99	15262.54	64.35	360.55	19.85	0.28	44.60	0.58	39.57	79.64
	T36	48.31	12307.52	45.20	336.89	21.63	0.20	33.51	0.54	34.42	76.88
	T37	40.76	15045.98	46.48	370.52	18.13	0.36	40.11	1.25	43.15	79.40
	T38	29.77	10405.22	32.40	266.32	14.72	0.33	28.23	0.84	29.27	45.28
	T39	31.05	12350.35	33.56	315.38	17.43	0.24	35.50	0.16	32.66	59.78
	T40	35.57	13853.99	37.10	322.01	14.79	0.28	39.64	0.00	37.55	48.39
Central Anatolia Region	T41	29.07	9814.94	28.17	254.79	15.19	0.28	26.99	0.81	24.87	66.34
	T42	40.89	15790.39	49.65	386.28	23.29	0.43	46.60	0.85	41.96	86.59
	T43	50.35	20580.58	64.82	481.78	26.45	0.33	68.18	0.72	60.85	114.76
	T44	53.72	23020.15	71.64	582.87	29.41	0.45	81.13	0.82	71.02	103.05
	T45	55.60	23611.77	79.98	629.53	33.71	0.60	84.80	1.01	82.03	124.19
	T46	42.78	12079.60	58.12	304.38	18.29	0.15	37.72	0.51	36.28	69.50
	T47	57.25	20036.12	57.34	511.45	28.91	0.31	70.13	0.36	70.38	143.21
	T48	52.56	24675.46	59.17	686.44	34.90	0.45	123.74	0.45	114.81	105.72
	T49	50.32	23088.50	61.39	612.34	33.08	0.56	95.06	0.61	89.61	104.19
	T50	52.79	28578.70	72.19	734.90	47.69	0.62	182.29	0.28	166.41	72.85
	T51	55.05	27914.73	75.54	738.95	43.69	0.68	167.24	0.83	164.56	80.87
	T52	50.83	25995.88	67.21	605.05	38.42	0.53	137.10	0.44	129.31	140.23
	T53	45.77	23448.25	58.85	619.74	35.89	0.38	101.08	0.36	94.19	96.68
	T54	48.22	25806.45	60.93	650.41	42.89	0.33	154.74	0.78	127.16	58.03
	T55	43.88	26199.80	63.76	613.84	46.63	0.49	238.28	0.44	192.36	54.08
	T56	45.33	28344.04	86.59	676.49	27.85	0.58	61.57	1.01	43.34	161.70
	T57	42.89	27785.50	115.08	752.11	29.09	0.85	62.01	2.49	42.18	298.44
	T58	72.22	14852.05	126.95	428.22	55.79	4.54	70.83	2.21	69.56	2591.52
Southern Anatolia Region	T59	60.28	26818.84	81.61	812.41	35.52	0.67	74.09	0.60	67.24	165.76
	T60	36.67	19364.32	55.51	527.88	26.44	0.57	54.14	0.28	52.40	94.05

Table 2. cont.

	T61	39.27	17438.66	56.71	503.76	27.12	0.40	63.95	0.82	68.83	81.75
	T62	49.19	25310.12	82.97	638.91	41.49	0.61	58.40	0.62	64.24	88.63
Minimum Value		26.89	9814.94	28.17	250.56	11.05	0.09	20.24	0.00	13.18	38.05
Maximum Value		72.22	34286.72	168.25	961.38	55.79	4.54	238.28	2.49	308.79	2591.52
Average		44.69	21530.84	65.42	538.94	28.39	0.53	71.44	0.76	67.45	164.82

The total microelement contents of soil samples from the Central and Southern Anatolia regions exhibited a wide range of variability. B content ranged from 26.89 mg kg⁻¹ to 72.22 mg kg⁻¹, while Fe levels spanned from 9,814.94 mg kg⁻¹ to 34,286.72 mg kg⁻¹. Zn content varied between 28.17 mg kg⁻¹ and 168.25 mg kg⁻¹, Mn ranged from 250.56 mg kg⁻¹ to 961.38 mg kg⁻¹, and Cu levels ranged from 11.05 mg kg⁻¹ to 55.79 mg kg⁻¹. When classified according to (Taylor, 1964) and (Taylor and McLennan, 1985), all soil samples (100%) were found to have sufficient B levels, exceeding the threshold of 10 mg kg⁻¹. However, Fe content in all samples was below the sufficient level of 44,100 mg kg⁻¹, indicating a deficiency. Zn deficiency was observed in 82% of the soils (levels below 78.89 mg kg⁻¹), while 18% had adequate Zn levels. Mn levels were insufficient in all soil samples, falling below the threshold of 1,900 mg kg⁻¹. Regarding Cu, 37% of the soils were deficient, while 63% had sufficient levels. The total heavy metal contents of the soils also showed significant variability. Cd content ranged from 0.09 mg kg⁻¹ to 4.54 mg kg⁻¹, Cr varied from 20.24 mg kg⁻¹ to 238.28 mg kg⁻¹, and Mo was detected between 0.00 mg kg⁻¹ and 2.49 mg kg⁻¹. Ni ranged from 13.18 mg kg⁻¹ to 308.79 mg kg⁻¹, while Pb ranged from 38.05 mg kg⁻¹ to 2,591.52 mg kg⁻¹. According to the Soil Pollution Parameters Regulation published by (T.O.B., 2010), 98% of the soils had cadmium concentrations below the threshold of 3 mg kg⁻¹, with only 2% exceeding the toxicity threshold. Cr concentrations were below the 100 mg kg⁻¹ threshold in 86% of the samples, while 14% exceeded it. Mo concentrations were below the 10 mg kg⁻¹ threshold in all samples, indicating no toxicity. Ni concentrations exceeded the 75 mg kg⁻¹ threshold in 23% of the samples, while 77% were below this level. Pb content was below the 300 mg kg⁻¹ threshold in 97% of the soils, with only 3% exceeding the toxicity level. These findings provide a comprehensive assessment of microelement and heavy metal contents in soils from the Central Anatolia region, with significant implications for agriculture and environmental management. In comparison, the findings of (Gezgin et al., 2002) highlighted micronutrient deficiencies, particularly in B (26.6% of soils), Fe (86.3%), and Zn (61.0%), suggesting potential limitations in soil fertility that could negatively impact nutrient-sensitive crops. Similarly, (Günel et al., 2012) reported substantial variability in heavy metal concentrations, including Ni, Pb, Cd, Co, and Cr, and noted correlations with soil properties influenced by natural (geogenic) factors and human activities (anthropogenic). (Günel et al., 2022) emphasized the role of soil structure in land suitability for wheat cultivation, demonstrating the utility of geostatistical methods for generating suitability maps. Key factors such as soil pH, electrical conductivity, and organic matter significantly influenced soil fertility, crop yield, and heavy metal uptake. (Ozyazici et al., 2017) contributed to understanding heavy metal contamination by identifying that some soils exceeded permissible limits for Ni and cobalt. They observed that the generally acidic soils (pH 4.5–5.5) enhanced metal solubility and bioavailability, with agricultural practices, such as excessive fertilization, further contributing to increased levels of cadmium, copper, and zinc. Our study confirms the wide variability in microelement and heavy metal concentrations in soils from the Central and Southern Anatolia regions, reflecting both natural and anthropogenic influences. High levels of Cr, Ni, and Pb, alongside deficiencies in Fe, Zn, and Mn, highlight the need for targeted soil management strategies. Metal solubility, driven by factors like soil pH and organic content, plays a critical role in bioavailability and toxicity. The findings align with previous research, such as (Ozyazici et al., 2017), emphasizing the need for integrated soil management approaches that consider metal solubility dynamics and interactions between geogenic and anthropogenic factors. Regular monitoring, sustainable agricultural practices, and careful fertilizer management are essential for mitigating contamination risks and promoting sustainable land management.

Machine Learning Applications in Central and Southern Anatolia Soils

The performance of the machine learning models was evaluated using MAE, MSE, and R² score. The results are presented in Table 3 and visualized in Figures 2–11 for each element (B, Fe, Zn, Mn, Cu, Cd, Cr, Mo, Ni, Pb).

Table 3. Performance of Machine Learning Models with Different Data Augmentation Techniques for Predicting Microelements and Heavy Metals in Soil Samples

Elements	Augmentation Technique	Models	MAE	MSE	R ² Score
B	Random Sampling	RF	6,23	45,84	0,26
		GB	6,15	44,96	0,28
		SVR	6,76	72,93	0,01
	Jittering	RF	5,17	34,39	0,45
		GB	6,15	45,29	0,27
		SVR	6,76	72,88	0,01
	Bootstrap Sampling	RF	5,10	33,97	0,45
		GB	4,89	28,01	0,55
		SVR	6,94	80,37	0,01
Fe	Random Sampling	RF	15,91	42,90	0,87
		GB	16,81	70,59	0,78
		SVR	50,06	325,22	0,00
	Jittering	RF	17,38	62,25	0,81
		GB	17,61	58,14	0,82
		SVR	50,09	325,41	0,00
	Bootstrap Sampling	RF	20,75	80,23	0,75
		GB	20,87	82,48	0,75
		SVR	50,12	331,65	0,01
Zn	Random Sampling	RF	19,33	702,94	0,01
		GB	26,09	1793,14	0,01
		SVR	9,97	145,20	0,09
	Jittering	RF	17,82	681,78	0,01
		GB	19,08	1026,01	0,01
		SVR	9,96	144,49	0,10
	Bootstrap Sampling	RF	24,75	1504,91	0,01
		GB	25,76	1657,38	0,01
		SVR	10,02	156,70	0,02
Mn	Random Sampling	RF	6,55	95,86	0,53
		GB	8,97	152,93	0,25
		SVR	10,13	147,03	0,27
	Jittering	RF	8,33	141,39	0,30
		GB	8,44	180,08	0,11
		SVR	10,14	147,05	0,27
	Bootstrap Sampling	RF	10,28	337,09	0,01
		GB	13,71	481,35	0,01
		SVR	8,83	116,61	0,42
Cu	Random Sampling	RF	3,21	16,81	0,75
		GB	3,64	25,88	0,62
		SVR	4,46	33,19	0,51
	Jittering	RF	3,23	18,07	0,73
		GB	5,00	48,08	0,29
		SVR	4,41	32,47	0,52
	Bootstrap Sampling	RF	4,31	33,27	0,51
		GB	4,58	43,40	0,36
		SVR	4,62	35,31	0,48
Cd	Random Sampling	RF	0,10	0,02	0,01
		GB	0,13	0,02	0,01
		SVR	0,07	0,01	0,44
	Jittering	RF	0,10	0,02	0,01
		GB	0,12	0,02	0,01
		SVR	0,07	0,01	0,44
	Bootstrap Sampling	RF	0,11	0,02	0,01
		GB	0,12	0,02	0,01
		SVR	0,09	0,01	0,01

Table 3. cont.

Cr	Random Sampling	RF	37,02	235,18	0,01
		GB	27,71	172,33	0,12
		SVR	25,53	158,12	0,19
	Jittering	RF	34,16	197,84	0,01
		GB	34,35	237,16	0,01
		SVR	25,50	158,16	0,19
	Bootstrap Sampling	RF	44,60	413,52	0,01
		GB	40,77	441,56	0,01
		SVR	25,34	150,79	0,23
Mo	Random Sampling	RF	0,40	0,21	0,01
		GB	0,50	0,40	0,01
		SVR	0,33	0,15	0,01
	Jittering	RF	0,36	0,16	0,01
		GB	0,39	0,18	0,01
		SVR	0,33	0,15	0,01
	Bootstrap Sampling	RF	0,34	0,14	0,01
		GB	0,44	0,26	0,01
		SVR	0,50	0,38	0,01
Ni	Random Sampling	RF	47,72	405,85	0,01
		GB	36,76	300,01	0,01
		SVR	27,04	154,05	0,15
	Jittering	RF	44,85	382,45	0,01
		GB	41,07	473,20	0,01
		SVR	27,05	154,87	0,15
	Bootstrap Sampling	RF	60,00	820,83	0,01
		GB	46,91	721,99	0,01
		SVR	27,39	148,29	0,18
Pb	Random Sampling	RF	52,89	1154,50	0,01
		GB	54,11	1432,36	0,01
		SVR	29,91	144,91	0,11
	Jittering	RF	47,84	863,68	0,01
		GB	59,63	1195,52	0,01
		SVR	29,95	144,26	0,11
	Bootstrap Sampling	RF	60,66	1640,73	0,01
		GB	102,85	5403,52	0,01
		SVR	28,16	118,17	0,27

The best performance for B was achieved by GB using Bootstrap Sampling, with an MAE of 4.89 and an R^2 score of 0.55 (Figure 2). These results indicate good predictive capability, as the model successfully reduced the error while capturing the variance in B concentrations.

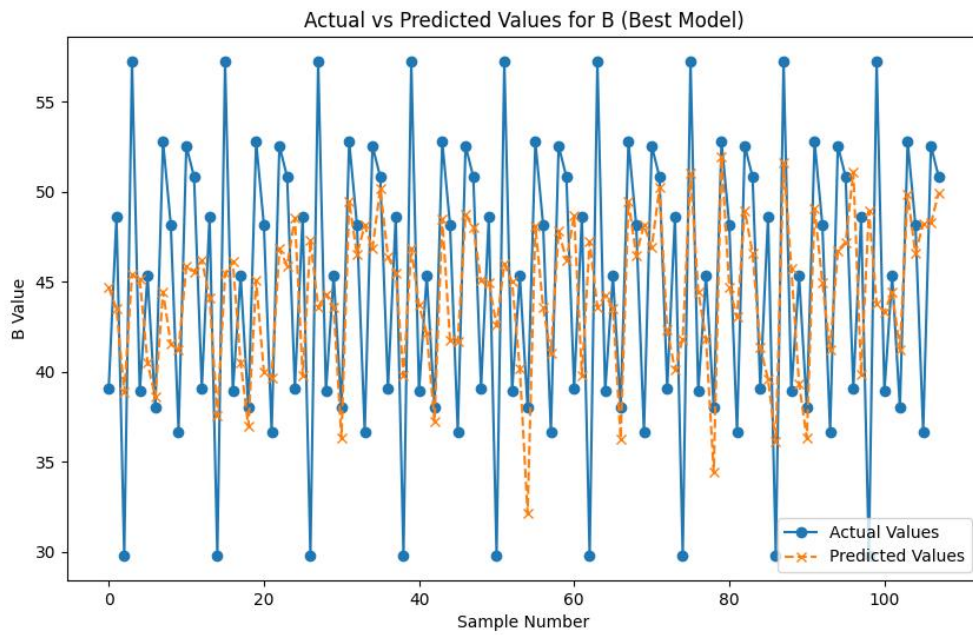


Figure 2. Actual vs Predicted Values for B using the Best Model

For Fe, RF with Random Sampling provided the best performance, achieving an MAE of 15.91 and an R^2 score of 0.87 (Figure 3). The high R^2 score indicates that the model was highly accurate in capturing the variability in iron concentrations, although the MAE remains relatively high due to the large magnitude of the values.

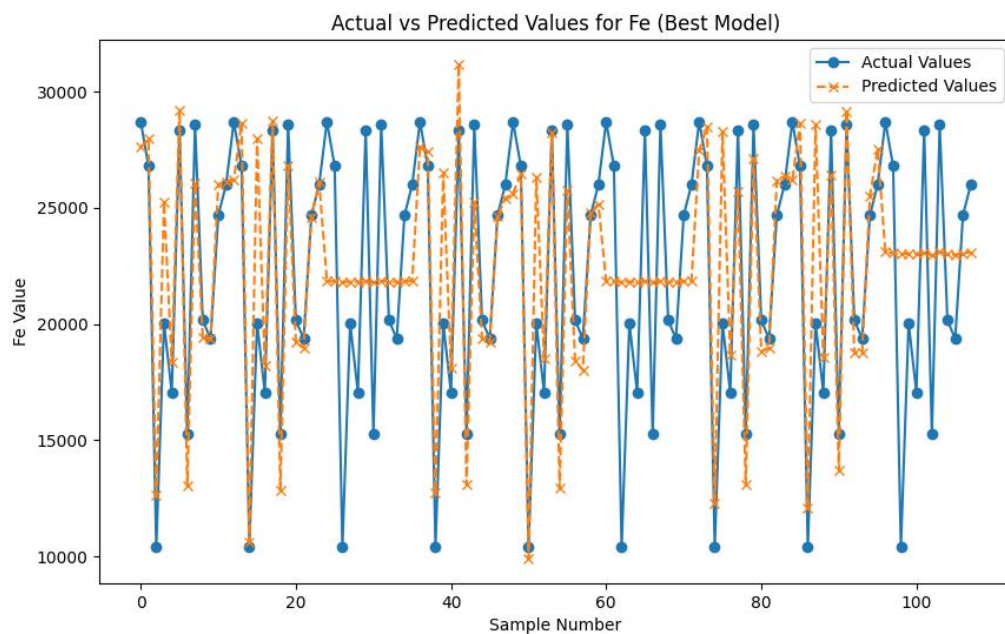


Figure 3. Actual vs Predicted Values for Fe using the Best Model

The best model for Zn was SVR combined with Jittering, yielding an MAE of 9.96 and an R^2 score of 0.10 (Figure 4). Despite the relatively low R^2 score, the model effectively minimized prediction errors, indicating its ability to capture the general trends in Zinc concentrations.

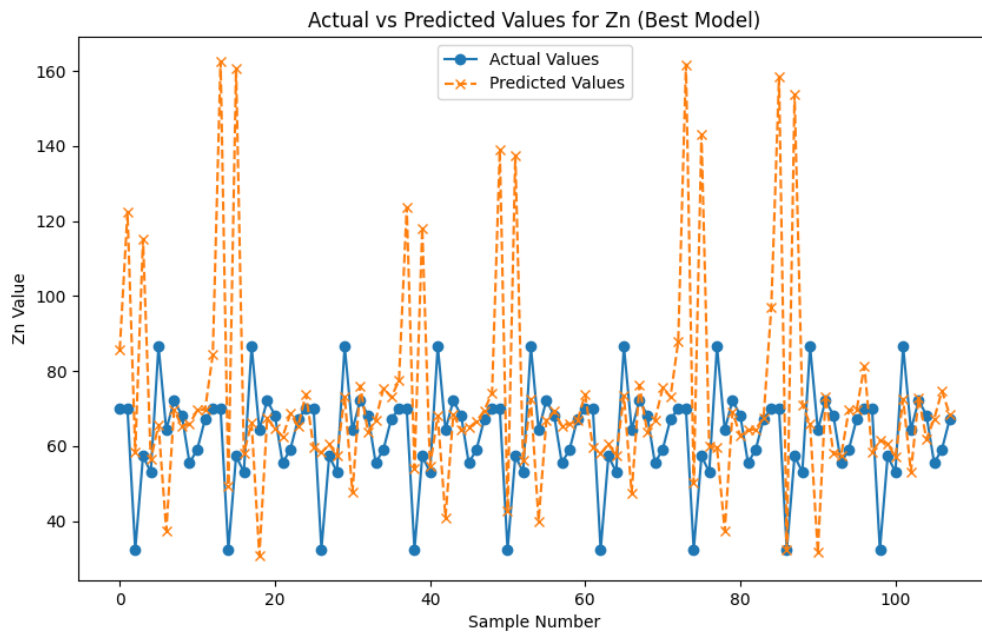


Figure 4. Actual vs Predicted Values for Zn using the Best Model

For Mn, RF using Random Sampling provided the best results, with an MAE of 6.55 and an R^2 score of 0.53 (Figure 5). This model effectively captured the variability in the data and made accurate predictions for manganese concentrations.

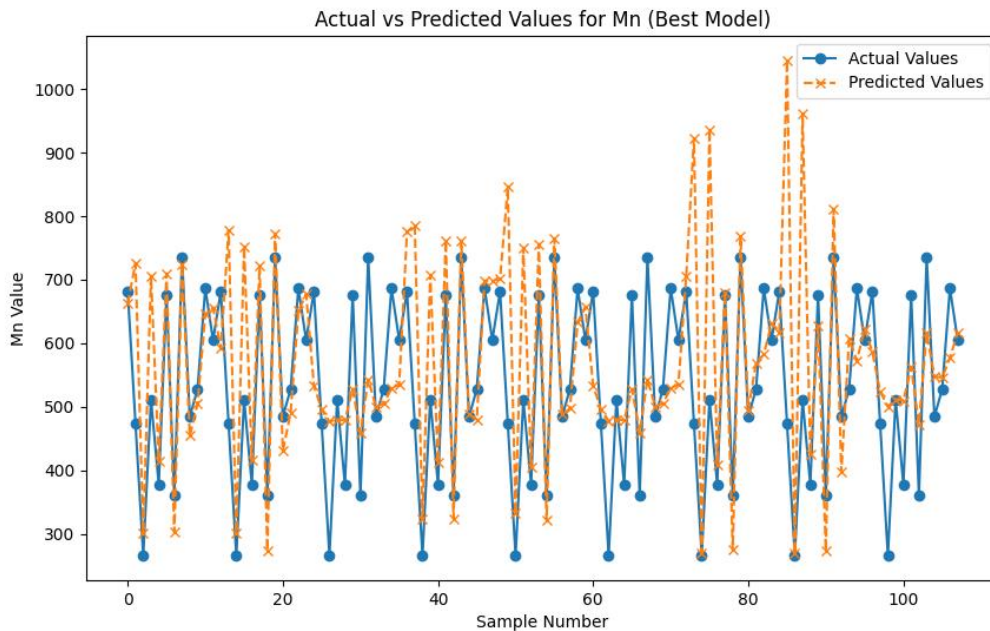


Figure 5. Actual vs Predicted Values for Mn using the Best Model

The most accurate model for Cu was RF with Random Sampling, achieving an MAE of 3.21 and an R^2 score of 0.75 (Figure 6). This model demonstrated the highest predictive accuracy, as evidenced by the strong alignment between actual and predicted values.

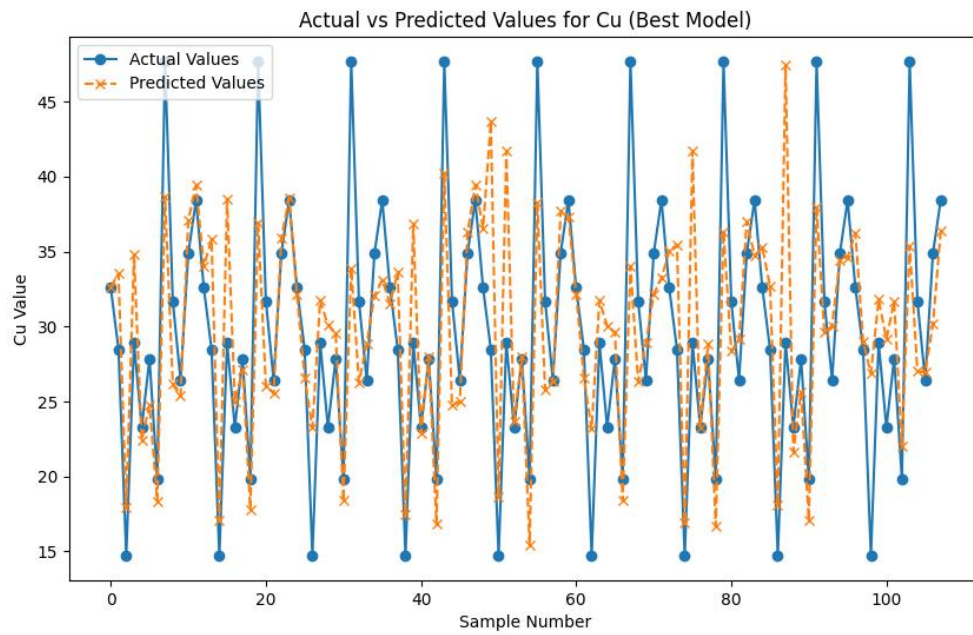


Figure 6. Actual vs Predicted Values for Cu using the Best Model

For Cd, SVR with Random Sampling yielded the best performance, with an MAE of 0.07 and an R^2 score of 0.44 (Figure 7). The model effectively minimized the error, making it well-suited for predicting cadmium concentrations in the soil.

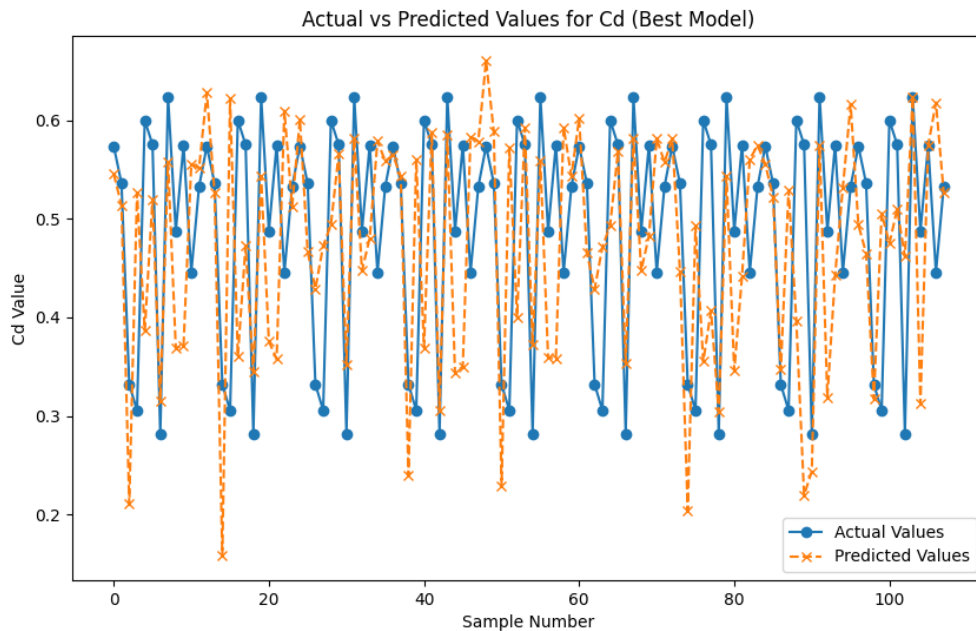


Figure 7. Actual vs Predicted Values for Cd using the Best Model

The best-performing model for Cr was SVR with Bootstrap Sampling, achieving an MAE of 25.34 and an R^2 score of 0.23 (Figure 8). While the error was minimized, the relatively low R^2 score suggests that the model struggled to capture the full variability in Cr concentrations.

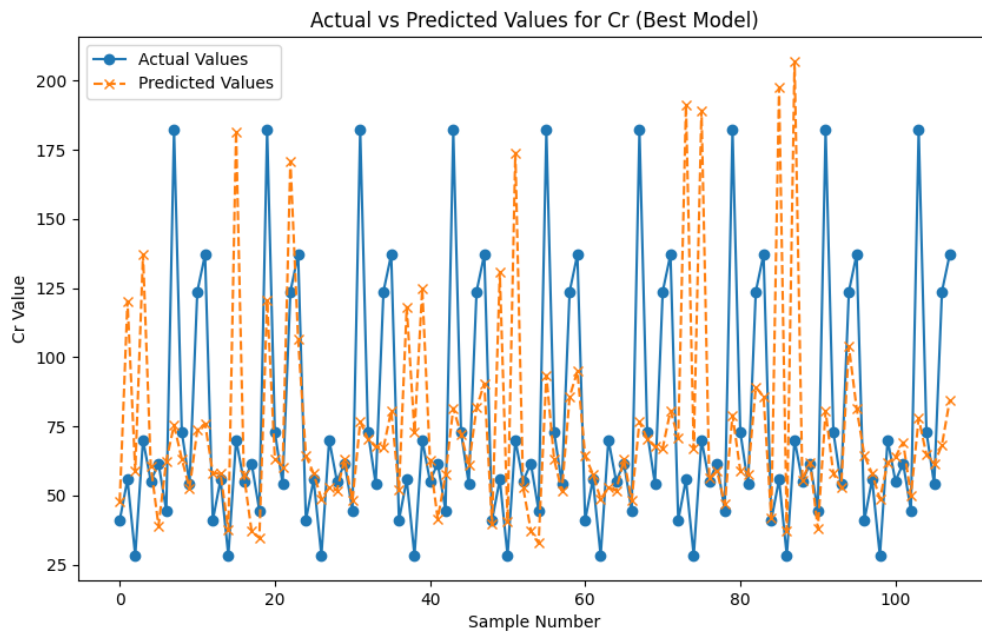


Figure 8. Actual vs Predicted Values for Cr using the Best Model

For Mo, RF with Bootstrap Sampling performed best, with an MAE of 0.34 and an R^2 score of 0.01 (Figure 9). The negative R^2 score indicates that the model struggled to generalize well for molybdenum, highlighting the need for further refinement.

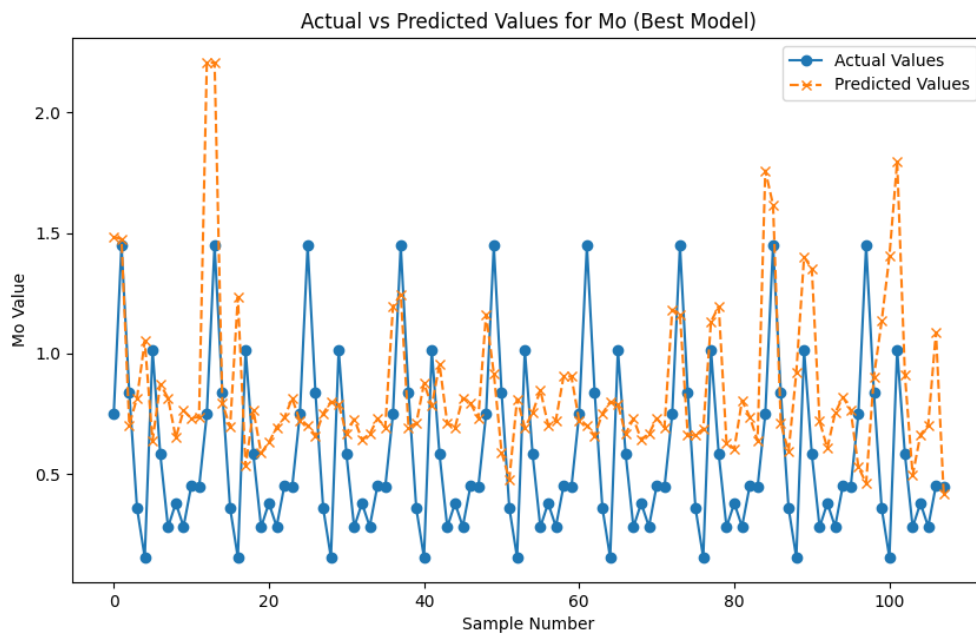


Figure 9. Actual vs Predicted Values for Mo using the Best Model

The best model for Ni was SVR combined with Bootstrap Sampling, with an MAE of 27.39 and an R^2 score of 0.18 (Figure 10). Although the model captured some variability, the low R^2 score suggests that the predictions could be further improved.

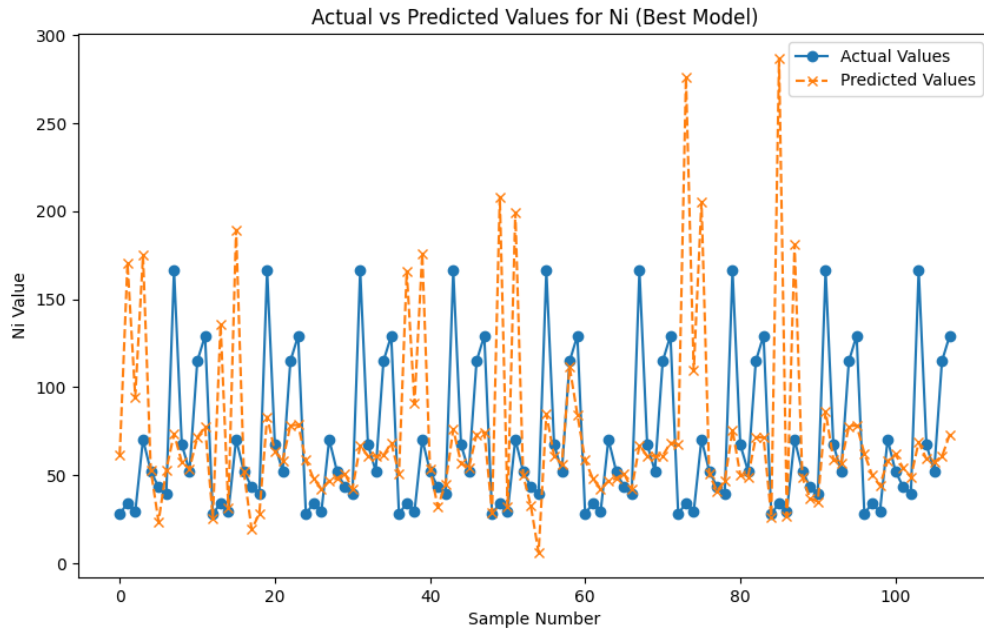


Figure 10. Actual vs Predicted Values for Ni using the Best Model

For Pb, SVR with Bootstrap Sampling provided the best results, achieving an MAE of 28.16 and an R^2 score of 0.27 (Figure 11). The relatively low R^2 score indicates that while the model minimized errors, there is still room for improvement in capturing the full variability of lead concentrations.

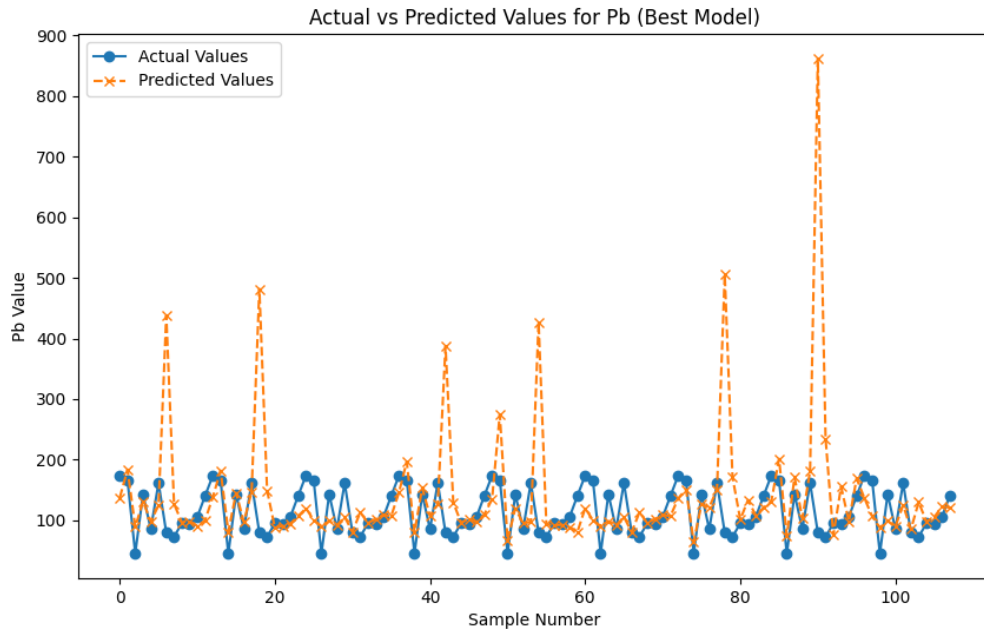


Figure 11. Actual vs Predicted Values for Pb using the Best Model

The results of this study demonstrate that machine learning models, particularly RF, GB, and SVR, can effectively predict microelement and heavy metal concentrations in soil samples. However, the performance of these models varied depending on the element being predicted and the data augmentation technique used. For elements such as B, Fe, and Cu (copper), the models demonstrated strong predictive capabilities, as indicated by relatively high R^2 scores and low MAE values. This

suggests that the concentrations of these elements are more easily predicted based on the available soil features. Additionally, the use of Random Sampling and Bootstrap Sampling improved the models' ability to generalize from the limited dataset. On the other hand, elements such as Mo, Cr, and Ni presented challenges for the models, as evidenced by lower R^2 scores and higher error values. These results may be attributed to the limited size of the dataset and the complexity of predicting the concentrations of these elements based solely on the soil features provided. The negative R^2 score for molybdenum suggests that the model struggled to generalize, indicating the need for either more complex modeling approaches or additional features to improve prediction accuracy. Additionally, the results highlight the importance of selecting appropriate data augmentation techniques. Jittering and Bootstrap Sampling proved effective in improving model performance for certain elements, such as Zn and Pb, respectively. These techniques expanded the dataset and allowed the models to train on a more varied sample set, ultimately enhancing their generalization capability.

Despite some challenges, the overall findings suggest that machine learning models, when combined with appropriate data augmentation techniques, hold significant potential for predicting soil properties, even with limited data. Future studies could benefit from larger datasets and the inclusion of additional soil features to further refine these models and enhance their predictive accuracy.

Conclusion

This study underscores the potential of machine learning models, specifically Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Regressor, for predicting microelement and heavy metal concentrations in soils from Türkiye's Central-Southern Anatolian region. The integration of data augmentation techniques, such as Random Sampling, Jittering, and Bootstrap Sampling, significantly enhanced the models' performance, particularly under the constraints of limited datasets.

Despite these advancements, the study faced several limitations, including the small dataset size and the limited diversity of soil properties analyzed. These factors restricted the models' ability to generalize, especially for elements like Mo and Ni. To address these challenges, future research should focus on collecting larger and more diverse datasets, integrating additional soil properties, and exploring advanced modeling approaches, such as deep learning and hybrid techniques.

Moreover, incorporating spatial and temporal data, as well as considering the impacts of geogenic and anthropogenic factors, could provide a more comprehensive understanding of soil characteristics. Such advancements would facilitate the development of robust predictive models, contributing to sustainable agricultural practices and improved environmental management. This study highlights the promise of machine learning as a cost-effective and efficient tool for soil analysis, offering valuable insights for agricultural and environmental applications.

Acknowledgements: Our research article was supported by project-based initiatives under the Mevlana Student Exchange Program (Project No: MEV-2017-36), the Scientific and Technological Research Council of TurkeyTUBİTAK (Project No: 116O786) and the Selçuk University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No: 18401058).

Researchers' Contribution Rate Declaration Summary

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflict to Interest Declaration

The authors declare that there is no conflict of interest between them.

References

- Awad, M., Khanna, R., 2015. Support vector regression. In: Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers, pp. 67–80.
- Bergstra, J., Bengio, Y., 2012. Random search for hyper-parameter optimization. *J. Mach. Learn. Res.* 13 (2).
- Breiman, L., 2001. Random forests. *Mach. Learn.* 45: 5–32.
- Gee, G.W., 1986. Particle size analysis. In: Methods of soil analysis/ASA and SSSA.
- Geman, S., Bienenstock, E., Doursat, R., 1992. Neural networks and the bias/variance dilemma. *Neural Comput.* 4 (1): 1–58.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., 2002 Boron content of cultivated soils in Central-Southern Anatolia and its relationship with soil properties and irrigation water quality. Boron in plant and animal nutrition. 391-400.
- Gholamy, A., Kreinovich, V., Kosheleva, O., 2018. Why 70/30 or 80/20 relation between training and testing sets: A pedagogical explanation. *Int. J. Intell. Technol. Appl. Stat.* 11 (2): 105–111.

- Günel, H., Acir, N., Budak, M., 2012. Heavy metal variability of a native saline pasture in arid regions of Central Anatolia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 7: 183–193.
- Günel, H., Kılıç, O.M., Ersayın, K., Acir, N., 2022. Land suitability assessment for wheat production using analytical hierarchy process in a semi-arid region of Central Anatolia. *Geocarto International*. 37: 16418–16436.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.H., 2009. *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. Springer.
- Hızalan, E., Ünal, H., 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*. 278: 5–7.
- Jackson, M., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 183–204.
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., Liu, T.-Y., 2017. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* 30.
- Khosravi, V., Ardejani, F.D., Yousefi, S., Aryafar, A., 2018. Monitoring soil lead and zinc contents via combination of spectroscopy with extreme learning machine and other data mining methods. *Geoderma*. 318: 29–41.
- Koç, Ş., 1987. Karadağ (Karaman) Volkanitlerinin Jeolojisi Ve “Base Surge” Oluşukları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 2.
- Kohavi, R., 1995. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: *Proceedings of IJCAI, Montreal, Canada*, pp. 1137–1145.
- Lahn, E., 1949. On the geology of Central Anatolia. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 2: 90–107.
- Luce, M.S., Ziadi, N., Gagnon, B., Karam, A., 2017. Visible near-infrared reflectance spectroscopy prediction of soil heavy metal concentrations in paper mill biosolid- and liming by-product-amended agricultural soils. *Geoderma*. 288: 23–36.
- MGM, 2025. *Meteoroloji Genel İklim Verileri*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkey.
- Munnaf, M.A., Mouazen, A.M., 2021. Development of a soil fertility index using on-line Vis-NIR spectroscopy. *Comput. Electron. Agric.* 188: 106341.
- Nie, S., Chen, H., Sun, X., An, Y., 2024. Spatial distribution prediction of soil heavy metals based on random forest model. *Sustainability*. 16 (11): 4358.
- Ozyazici, M.A., Dengiz, O., Ozyazici, G., 2017. Spatial distribution of heavy metals density in cultivated soils of Central and East Parts of Black Sea Region in Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*. 6: 197-205.
- Shi, S., Hou, M., Gu, Z., Jiang, C., Zhang, W., Hou, M., Li, C., Xi, Z., 2022. Estimation of heavy metal content in soil based on machine learning models. *Land*. 11 (7): 1037.
- Sigrist, F., 2021. Gradient and Newton boosting for classification and regression. *Expert Systems With Applications*. 167: 114080.
- Smith, H.W., Weldon, M.D., 1941. A comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *T.O.B.*, 2010. *Toprak Kirlilik Parametreleri Yönetmeliği*.
- Taylor, S., 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 28: 1273–1285.
- Taylor, S., McLennan, S., 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*. Geoscience Texts. 312.
- Wang, Y., Zhao, Y., Xu, S., 2022. Application of VNIR and machine learning technologies to predict heavy metals in soil and pollution indices in mining areas. *Journal of Soils and Sediments*. 22 (10): 2777–2791.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Assessment of Plant Contributions to Air Quality within the Ecosystem Services Framework: The case of Halk Bahçesi in Çanakkale, Türkiye

Filiz Engin¹  Çiğdem Kaptan Ayhan^{2*} 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, Department of Landscape Architecture, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Çanakkale, Türkiye

*Corresponding author: ckaptanayhan@comu.edu.tr

Received Date: 27.05.2025

Accepted Date: 26.06.2025

Abstract

Urban open green spaces are essential components that provide opportunities to mitigate negative impacts on quality of life. These areas deliver vital ecosystem services such as pollutant removal, cooling, reduction of the heat island effect, and carbon storage. Çanakkale faces air quality challenges due to thermal power plants in Çan and Biga, with additional plants planned. Halk Bahçesi, a historic park in Çanakkale's city center, was selected as the study area. This study aims to evaluate the contribution of urban plant species to air quality through ecosystem services and analyze differences among species. To assess the structural characteristics of plants and their environmental functions, climate and pollution data were used, employing the i-Tree Eco model developed in the USA. According to the findings, *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus brutia*, and *Acer negundo* were identified as the species that most significantly contributed to air quality. These results provide insights into the current situation and recommend more suitable plant species for improving air quality in Çanakkale and similar regions. This research establishes a valuable database for future plant selection in urban green spaces

Keywords: Air quality, Ecosystem services, i-Tree Eco, Urban green spaces, Halk Bahçesi, Çanakkale

Ekosistem Hizmetleri Çerçevesinde Bitkilerin Hava Kalitesine Katkılarının Değerlendirilmesi: Halk Bahçesi Örneği (Çanakkale, Türkiye)

Öz

Kentsel açık yeşil alanlar, yaşam kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak için fırsatlar sağlayan temel bileşenlerdir. Bu alanlar, kirleticilerin giderilmesi, soğutma, ısı adası etkisinin azaltılması ve karbon depolama gibi hayati ekosistem hizmetleri sunar. Çanakkale, Çan ve Biga'daki termik santraller nedeniyle hava kalitesi zorluklarıyla karşı karşıyadır ve ek santraller planlanmaktadır. Çanakkale şehir merkezinde bulunan tarihi bir park olan Halk Bahçesi, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışma, i-Tree Eco modeli kullanarak ekosistem hizmetleri aracılığıyla kentsel bitki türlerinin hava kalitesine katkısını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bulgulara göre bu parkta, *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus brutia* ve *Acer negundo* hava kalitesine en önemli katkıda bulunan türler olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, mevcut durum hakkında fikir vermekte ve Çanakkale ve benzer bölgelerde hava kalitesini iyileştirmek için daha uygun bitki türleri önermektedir. Bu araştırma, kentsel yeşil alanlarda gelecekteki bitki seçimi için değerli bir veri tabanı oluşturmaktadır.

Keywords: Hava kalitesi, Ekosistem servisleri, i-Tree Eco, Kentsel açık yeşil alanlar, Halk Bahçesi, Çanakkale

Introduction

Ecosystem services (ES) are defined as all the benefits that humanity derives directly or indirectly from ecosystem functions (Alcamo and Bennett, 2004; Costanza et al., 1998). The main message of the ecosystem services concept is that human life on Earth depends on ecosystems (Geneletti, Cortinovis, Zardo and Esmail, 2020). However, continuous population growth and the associated increase in resource consumption are leading to an imbalance between production and consumption on our planet (Novák, 2021). Under the influence of human well-being and growing consumer demand,

ecosystems are deteriorating on a global scale, so that the services provided to humans are rapidly declining (Avcıoğlu Çokçalışkan, 2016). As the ability of ecosystems to provide essential services to society is already under stress, the additional pressures from climate change will pose an extraordinary threat to humanity in the coming years (Mooney et al., 2009). The 'regulating services' provided by ecosystems play an important role in reducing the impacts of climate change in cities and increasing the resilience of cities to these impacts (Coşkun Hepcan, 2019).

'Regulating services' are benefits that result from the natural processes of ecosystems, such as regulating air quality and climate, controlling water flow and erosion, treating water and waste, preventing epidemics, controlling pests, regulating pollination, and protecting against natural disasters (Alcamo and Bennett, 2004)

The green infrastructure network is one of the most important suppliers of ES in urban environments (Banzhaf, de la Barrera and Reyes-Paecke, 2019). In addition, many research papers show that it is of great importance for reducing the impacts caused by global climate change (Coşkun Hepcan, 2019; Gill et al., 2007; Sturiale and Scuderi, 2019). Benedict and McMahon (2006) define green infrastructure as an interconnected network of green spaces that preserves the values and functions of natural ecosystems, maintains clean air and water, and provides a wide range of benefits for people and wildlife. In this context, a green infrastructure network offers many benefits for cities vulnerable to the effects of climate change, such as reducing the heat island effect, capturing and storing carbon, cleaning the air by removing pollutants, reducing surface water runoff, and regulating precipitation (Benedict and McMahon, 2006; Coşkun Hepcan, 2019; Önder and Dursun, 2010).

More than half of the world's population lives in urban areas ("OECD", 2020), and one of the biggest problems that most cities face is also air pollution (Özdemir, 2013). Air pollution causes millions of premature deaths every year (Anonymous, 2020) and is accordingly one of the biggest environmental threats that countries in the globalized world face. Global warming, climate change and high and increasing air pollution threaten the future and life of humanity. Therefore, sustainable urban planning is of great importance to improve the quality of life and maintain the integrity of natural ecosystems (Pace, Biber, Pretzsch and Grote, 2018). An ES based planning and site management approach will help to understand the interactions and create positive connections between human and natural ecosystems in areas with high ecological value and under pressure from anthropogenic threats (Albayrak, 2012). The presence of natural spaces is becoming increasingly important for the quality of life in cities (Chiesura, 2004). Urban parks and other urban green spaces are an important part of the complex urban ecosystem network and have a crucial role in improving the urban environment and the quality of life in the city (Dunnett et al., 2002; Loures et al., 2007). The main objective of this study is to determine the extent to which plant species in an urban park contribute to urban air quality in terms of ES and to quantify the variation in these contributions by species.

Materials and Methods

Study Area and Its History

The primary focus of the study is Halk Bahçesi situated in the city center of Çanakkale. This park was selected as the study area because it is one of the largest and oldest parks in Çanakkale's city center, holds significant importance for the residents of Çanakkale, and features the oldest trees in the region. The research involved analyzing maps and zoning plans acquired from the Çanakkale Municipality, measurement data from the National Air Quality Monitoring Network, climate records from the General Directorate of Meteorology, and news articles published in both print and visual media. Additionally, notes, measurements, and photographs collected from observations and examinations conducted in the study area were also assessed.

The study area was located in the centre of Çanakkale (Figure 1), which is in north-western Turkey. Çanakkale, which was called Hellespontos and Dardanelles in ancient times, has lands on both sides of Europe and Asia. The city has always been of strategic importance as it connects the Dardanelles with the Sea of Marmara and the Aegean Sea. Çanakkale has an area of 9,933 km² on the Biga and Gallipoli peninsulas, between longitudes 25° 37'–27° 45' east and 39° 40'–40° 45' north.

Halk Bahçesi is one of the largest parks in Çanakkale and has been offering the city's residents' various recreational opportunities for many years. The park, also known as Calvert Garden or English Garden, bears traces of the 19th century, which makes the area important for the history of the city (Kalfa, 2020). The Calvert family, who served as British and American commercial attachés, settled in

Çanakkale from Malta and built a large mansion on the coast of Çanakkale in 1852 (Baytop, 2011; Kaplan, 2009; Kalfa, 2020). It is known that the backyard of this large building, known as the Calvert Villa and Consulate Building, covered a large area in Çanakkale at the time (Kalfa, 2020). Halk Bahçesi, which contains many plant species that were carefully cultivated and protected at the time of the Calvert family, is a small piece of forest in the city and is still home to many of the centuries-old trees (Erbeşler Ayaşlıgil, 2019). After a fire and wars in 1932, the Calvert family's garden was expropriated in 1938 and its former boundaries were reduced to its present form with an area of 36,500 m² (Erduran and Kabaş, 2010; Kalfa, 2020).

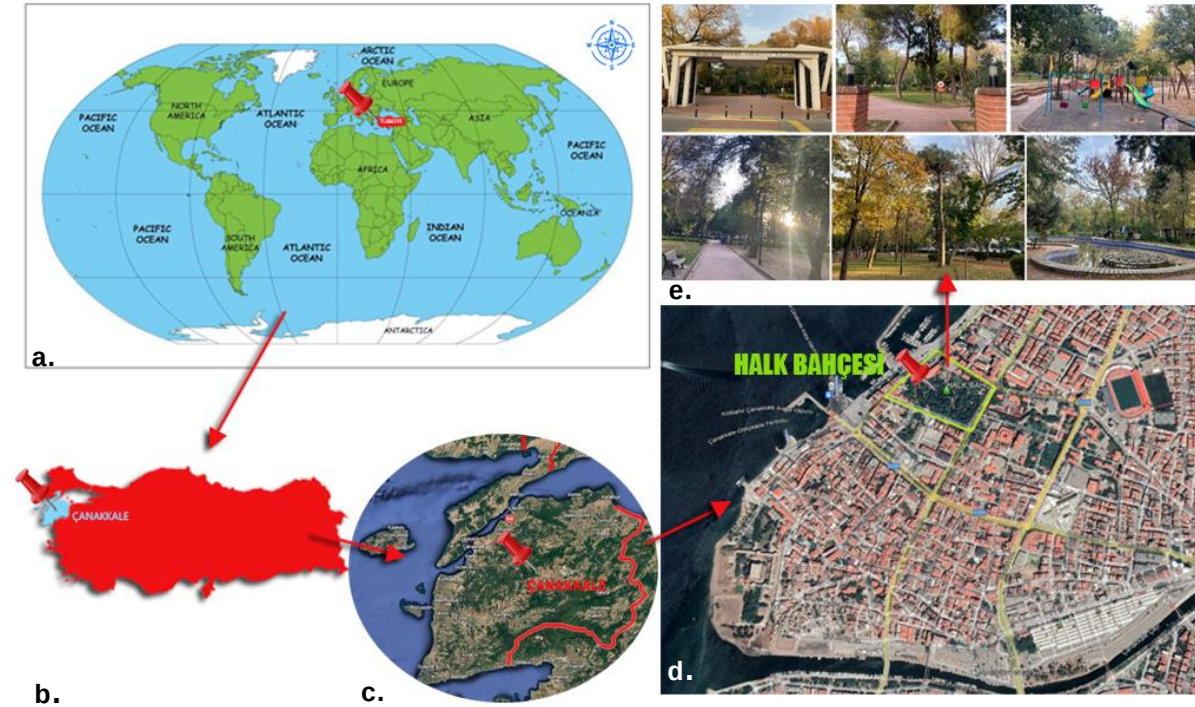


Figure 1. Study Area (a. "Printable map of world", 2024; b. "vemaps TR", 2024; c., d. "Google Earth", 2024; e. Original, 2020)

Halk Bahçesi reached its present state with the renovation works in 2018 and is still the green space in the centre of the city. The park is accessible from five different points; walking paths, jogging tracks, children's playgrounds, amphitheatre, sports equipment, dog park, seating areas, social facilities and the ornamental pool, which preserved after Calverts, are still present, although their original form has been damaged (Figure 2) (Engin, 2022; Engin and KaptanAyhan, 2021).



Figure 2. Halk Bahçesi (Original, 2020)

Method: I-Tree Eco Model Application

The importance of the contributions of urban green infrastructure to the city in the context of ES has been examined in many studies, but studies conducted by calculating ecosystem services with measurable mathematical methods provide more concrete data (Coşkun Hepcan and Hepcan, 2017). i-Tree Eco (UFORE (The Urban Forest Effects)), one of the software models developed in this context, is used to determine and measure the structural characteristics of plants in urban green areas and the functions they provide to the environment using the city's climate and pollution data. This model, which is the method of research, was developed in the United States in 2006 and is actively used in many countries (Forest Service, 2021)

Within the framework of the model, a vegetation tissue inventory is prepared based on the data collected about the research area and on-site observations. For this purpose, various detailed data such as tree height, branch-less trunk height, trunk chest diameter, top crown width, number of trunks, percentage of crown death, degree of light exposure to the crown, percentage of crown cover loss, tree health status, and tree defects are recorded according to species. With this database created within the scope of the I-Tree Eco software model, analysis results such as annual and average carbon retention amounts of plant species, air filtration and oxygen production values, and the extent of surface runoff prevention can be obtained.

Some Data Collection Methods and Factors to Consider

DBH measurements were conducted according to measurement standards at 1.30 m breast height using a tape measure, focusing on trees with a trunk diameter greater than 5 cm. For trees growing vertically on flat ground, measurements are taken perpendicular to the ground, while for those on a slope, they are taken parallel to the tree from the top of the slope. For trees leaning on the slope, the 1.30 m height is measured parallel to the tree, and for trees with trunk deformation at chest level, it is measured above the defect. In cases of forked trunks, chest height is measured separately if above the fork, and as a single measurement if below it, adjusting the height as needed for trunk width or root elevation. The measurement method is illustrated in Figure 3.

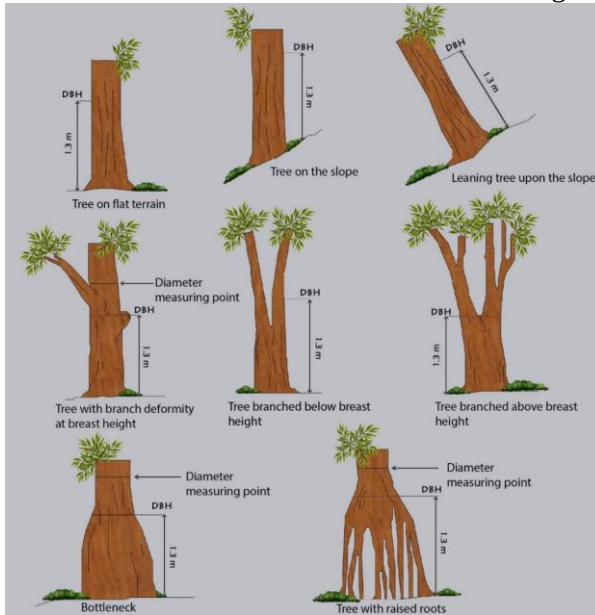


Figure 3. DBH Measurement (Revised from, Huy, 2013)

Crown health was assessed visually. In these evaluations, the percentage of crowns deemed missing for each tree was determined based on Figure 4.

When analysing the crown's exposure to light in field studies, it is crucial to consider the number of surfaces from which the crown receives light. Each tree is assigned a number between 0 and 5 and processed into data formats (Forest Service, 2021). The degrees of light exposure for the crown are detailed in Table 1 and Figure 5, referencing the i-Tree Eco v6.0 user manual.

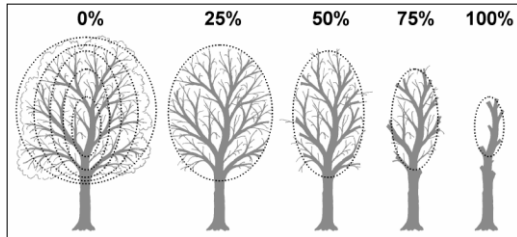


Figure 4. Crown die back (Meilby and Puri, 2007)

Table 1. Crown light exposure (Forest Service, 2021)

Number of sides	Description
0	The tree receives no full light because it is shaded by trees, vines, or other vegetation
1	The tree receives full light from the top or 1 side.
2	The tree receives full light from the top and 1 side (or 2 sides without the top).
3	The tree receives full light from the top and 2 sides (or 3 sides without the top).
4	The tree receives full light from the top and 3 sides.
5	The tree receives full light from the top and 4 sides.

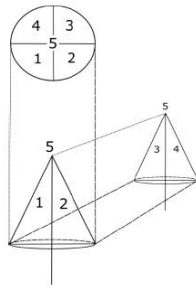


Figure 5. Crown light exposure (Forest Service, 2021)

Collecting Data from the Study Area and Processing it into the Database

As a result of land observation, examination, and inventory studies conducted in the park selected as the study area in Çanakkale city centre, tree inventory data sets were created for the park in question and entered into the database. Based on the data obtained from 925 trees representing 64 species found throughout the Halk Bahçesi during the periods of November/December 2019 and June/July 2020, an inventory assessment was made regarding the structure, function, and value of the trees.

Details on the standard protocol used for data collection were sourced from the i-Tree Eco v6.0 user manual and field guide (Forest Service, 2021). To ensure the program provides the most accurate results based on the data, important parameters beyond the species name and DBH (diameter at breast height; measurement of tree trunk diameter at breast height) include: Land use, Total tree height, Live tree height, Height to the base of the crown, Crown width, Crown loss percentage, Exposure of the crown to light (Table 2) includes the data and definitions that are collected and not collected depending on program requirements.

Table 2. Field data collection table (Forest Service, 2021)

Data Variables	Description		
Species	Identify and record the species and genus names of each tree	REQUIRED	
DBH	Exact measurement or categories of the tree stem diameter at breast height for each tree	REQUIRED	
General site fields		COLLECTED	NOT COLLECTED
Tree address	Street address of tree or notes for locating trees in areas without street addresses	✓	
Land use	Land use type in which tree is located	✓	
Strata	Sub-units by which study area are divided for analysis (e.g., land use, neighborhood)	✓	
Status	Status of tree as planted or self-seeded		x
Street tree/non-street tree	Identify if tree is a street tree or not (Y/N)		x
Map coordinates	Longitude and latitude of tree		x
Public/private	The classification of each tree as city managed (public) or not (private)		x
Tree detail fields		COLLECTED	NOT COLLECTED
Total tree height	Height from the ground to the top (alive or dead) of the tree	✓	
Crown Size	Live tree height	✓	
	Height to crown base	✓	
	Height to crown base		
	Crown width	✓	
Crown health	Dieback	✓	
	Condition	✓	
Crown light exposure	Number of sides of the tree receiving sunlight from above (maximum of 5)	✓	
Energy	Direction		x
	Distance		x

Results and Discussion

With the rising air pollution in crowded cities each day, our world is confronting disasters such as climate change and global warming (Rosenzweig, Solecki, Hammer and Mehrotra, 2011). In their study, Alpan and Sekeroglu (2020), observed that the emphasis placed on green spaces and the ecological system in expanding cities with increasing populations is minimal, resulting in cities resembling concrete forests. Consequently, they asserted that tree inventory systems developed using GIS technologies would be highly advantageous for both tree protection and afforestation monitoring. As highlighted in numerous similar studies, tree inventory systems are vital for managing urban tree populations. Many communities plant, maintain, or remove trees without an inventory (Hauer and Peterson, 2017). However, algorithms or models that illustrate the effects of plant species, structural characteristics, locations, and groupings on specific ecosystem services offer guidance on selecting tree species and promoting diversity in urban areas. Moreover, ecosystem modelling assists in making decisions regarding the planting of urban trees (Pace et al., 2018). In this context, the vegetation structure, function, and value of the Halk Bahçesi situated in the city centre of Çanakkale have been analyzed using the i-Tree Eco model.

Distribution and Measurement Results by Type

Based on data from 925 trees representing 64 species found throughout the Halk Bahçesi, the most prevalent tree species in the area are *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*, and *Acer negundo*, with species distributions depicted in Figure 6. The other species depicted in Figure 6 comprise a variety of species in the park with DBH measurement results exceeding 5 cm.

There is a notable relationship between tree size and the functional services they provide. Larger trees are more efficient at storing and sequestering carbon due to having more tissue in their roots and trunks. Furthermore, larger trees typically offer more functional services, as removing pollution and intercepting precipitation are generally accomplished through a greater leaf surface area (Anonymous, 2016).

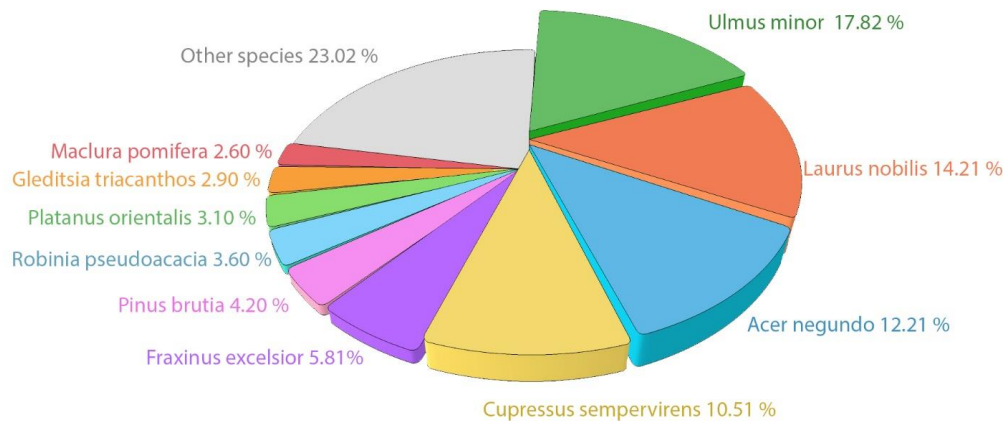


Figure 6. Species distribution

Ulmus minor, the most dominant species in terms of numbers in the Halk Bahçesi, also has the highest DBH measurements for trunk diameter, with 57.6% of its total number exceeding 122 cm. Among *Pinus brutia*, which constitutes 4.2% of the Halk Bahçesi, 48.7% have DBH measurements greater than 122 cm. The DBH for *Laurus nobilis*, one of the common species in the area, ranges from 7 cm to 91 cm, with the maximum typically between 30 and 45 cm. DBH measurements for 6.2% of *Acer negundo*, another common species with a 12% distribution, exceed 122 cm.

Tree canopy cover in the i-Tree Eco assessment is primarily based on measurements of canopy spread (Anonymous, 2016). The estimated canopy cover for the Halk Bahçesi is 120%. However, it is important to note that the canopies of most trees overlap, and some or all of the smaller trees are situated beneath the canopies of larger trees.

Many tree benefits are directly related to the amount of healthy leaf surface area a plant possesses. While trees may have similar canopy areas, variations in care, pruning, light exposure, and other factors lead to differences in their leaf surface areas (Anonymous, 2016). Based on species measurements and estimates of crown loss percentages, a total of 21 hectares of leaf area was calculated for Halk Bahçesi.

Carbon Benefit Estimates

The plant tissue in open green spaces throughout the city consists of a blend of native and exotic tree species, leading to greater tree diversity than that found in natural landscapes. The increase in species diversity underscores the range of benefits offered by various species (Forest Service, 2021). To clarify the results obtained from the analyses, the findings for the 10 most common species were assessed. Carbon benefit estimates for Halk Bahçesi are presented in Table 3.

Table 3. Carbon benefit estimates for 10 most common species in Halk Bahçesi

Species Name	Number	Carbon Storage		CO ₂ Equivalent metric ton ⁻¹	Carbon Sequestration		CO ₂ Equivalent metric ton ⁻¹
		ton	\$		tonyear ⁻¹	\$year ⁻¹	
<i>Ulmus minor</i>	165	889.70	88.694,193	3.262,50	6,61	658,553	24,22
<i>Laurus nobilis</i>	131	204.54	20.390,988	750,10	7,93	790,214	29,07
<i>Acer negundo</i>	113	162.14	16.163,473	594,60	5,68	566,280	20,83
<i>Cupressus sempervirens</i>	97	208.63	20.798,194	765,00	0,71	71,028	2,61
<i>Fraxinus excelsior</i>	54	123.80	12.337,990	453,80	3,14	312,865	11,51
<i>Pinus brutia</i>	39	99.80	9.952,491	366,10	0,90	89,829	3,30
<i>Robiniapseudoacacia</i>	33	40.60	9.632,641	148,70	1,68	167,351	6,16
<i>Platanusorientalis</i>	29	62.70	6.246,394	229,80	1,53	152,643	5,61
<i>Gleditsia triacanthos</i>	27	66.08	6.587,391	242,30	0,96	95,216	3,50
<i>Maclurapomifera</i>	24	95.00	9.466,710	348,20	0,06	6,141	0,23

The amount of carbon storage can be estimated from aboveground biomass (AGB), defined by the Earth Observation Satellites Committee as the above-ground dry mass of living or dead matter derived from tree or shrub (woody plant) life forms. AGB is quantified through allometric models to estimate the total amount of carbon stored in urban trees, calculated using two dendrometry measures: DBH and tree height (Gülçin and Konijnendijk Van Den Bosch, 2021). As shown in Table 4 for Halk Bahçesi, *Ulmus minor*, which is dominant in both number and age in the area, also leads in carbon capture and storage. This species stores 889.70 tons of carbon, equivalent to 3,262.50 tons of CO₂, with an economic contribution value for the stored carbon calculated at 88.694,193\$. When comparing *Laurus nobilis* (131), the most common species after *Ulmus minor*, to *Cupressus sempervirens* (97), which is less numerous, it is evident that *Cupressus sempervirens* stores 4.09 tons more carbon. This difference is calculated to be equivalent to 407,206\$ in economic terms. Similarly, when comparing *Maclura pomifera* (24 specimens) and *Platanus orientalis* (29 specimens), a significant difference of 32.3 tons is observed in their carbon storage amounts. The correlation between carbon storage levels, DBH, and species count is illustrated in Figure 7.

Carbon Storage of Trees by Species

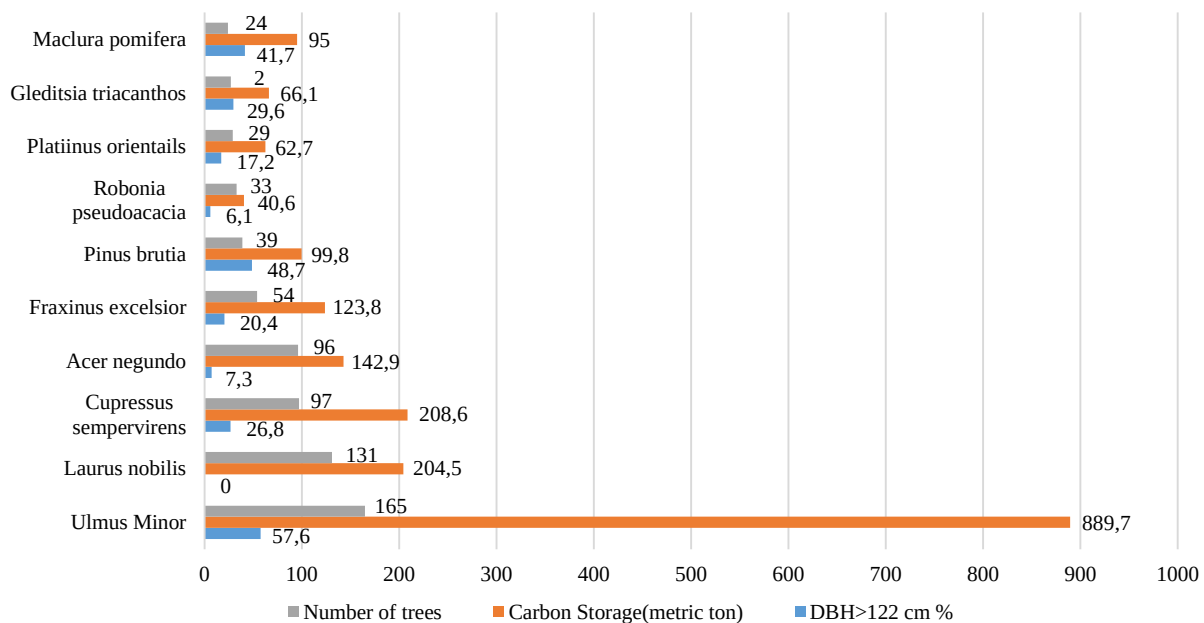


Figure 7. (Carbon Storage of Trees by Species)

Carbon sequestration is a natural process that removes carbon from the atmosphere by storing it in the biosphere. The amount of carbon sequestered by a tree significantly increases throughout its life until it reaches maturity (Chavan and Rasal, 2011). Table 3 presents data on carbon sequestration, estimating the annual carbon captured from the air and stored in various tree species. According to Table 3, the plants with the highest carbon sequestration rates in Halk Bahçesi are *Laurus nobilis* (7.93 tonsyear⁻¹), *Ulmus minor* (6.61 tonsyear⁻¹), and *Acer negundo* (4.74 tonsyear⁻¹), collectively contributing a total value of 2.015,27 \$ per year from the carbon they sequester. Halk Bahçesi, covering an important area of 36,500 square meters in the centre of Çanakkale, also features century-old trees that enhance local air quality by sequestering 2,151.99 tons of carbon and capturing an additional 34.28 tons annually. The financial equivalent of this contribution to carbon storage is approximately two hundred thousand dollars (200.270,47 \$), while the annual value of the carbon sequestration alone is around three thousand dollars (2.910,12 \$).

Oxygen Production Estimates

Although many ecology textbooks indicate that the vast majority of the world's oxygen-producing organisms are aquatic, oxygen production remains one of the most frequently cited benefits of urban trees (D. J. Nowak, Hoehn and Crane, 2007). The net oxygen production of trees is determined by subtracting the oxygen consumed during plant respiration from the oxygen produced during photosynthesis (Salisbury and Ross, 1978). Furthermore, a tree's annual oxygen production is directly linked to the amount of carbon sequestered, which is dependent on the accumulation of tree biomass (Forest Service, 2021). Table 4 displays the production amounts of the 10 species with the highest annual oxygen production in the study area.

Table 4. Annual oxygen production amounts for 10 most common species in Halk Bahçesi

Species Name	Number	Leaf Area (ha)	Oxygen production (ton year ⁻¹)	Annual Gross Carbon Sequestration (ton year ⁻¹)
<i>Laurus nobilis</i>	131	1.14	21.14	7.93
<i>Ulmus minor</i>	165	5.70	17.62	6.61
<i>Acer negundo</i>	113	3.06	15.15	5.68
<i>Fraxinus excelsior</i>	54	2.50	8.37	3.14
<i>Robiniapseudoacacia</i>	33	0.64	4.48	1.68
<i>Platanusorientalis</i>	29	1.40	4.08	1.53
<i>Gleditsia triacanthos</i>	27	0.77	2.55	0.96
<i>Pinus brutia</i>	39	1.13	2.40	0.90
<i>Cupressus sempervirens</i>	97	1.57	1.90	0.71
<i>Ligustrum lucidum</i>	20	0.16	1.46	0.55

When examining the table, the relationship between annual gross carbon sequestration and oxygen production becomes evident. The highest oxygen production in Halk Bahçesi is attributed to *Laurus nobilis*, contributing 21.14 tons of oxygen per year (Table 4). *Ulmus minor* follows with 17.62 tons, while *Acer negundo* produces 15.15 tons, making them the leading oxygen-producing species in Halk Bahçesi. It is estimated that the trees in Halk Bahçesi collectively produce a total of 87.93 tons of oxygen annually.

Elimination of Air Pollution

Air pollution is an increasing environmental threat, with rising global emissions jeopardizing ecosystems and human health (Riondato, Pilla, Sarkar Basu and Basu, 2020). Poor air quality in urban areas is an unavoidable reality, given the high concentrations of pollutant sources such as vehicle exhaust emissions, industrial processes, domestic heating, and solvent use. Deteriorating air quality is the leading cause of premature death and disease, as well as posing significant challenges to the functioning of ecosystems, infrastructure, and environmental systems. Urban vegetation plays a vital role in both the direct and indirect improvement of air quality (Anonymous, 2016). Plants reduce pollutant levels by absorbing gaseous pollutants through leaf stomata and capturing and retaining airborne particles on their surfaces (Morani, Nowak, Hirabayashi and Calfapietra, 2011). In the i-Tree Eco evaluation of air pollution reduction, Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO₂), Ozone (O₃), Particulate Matter (PM_{2.5}), and Sulphur Dioxide (SO₂) are identified as criterion air pollutants by the United States

Environmental Protection Agency. The program utilizes land data, current pollution, and weather data for pollution predictions (i-Tree Eco, 2021). According to the analysis results, it is estimated that 279 kilograms of pollutants will be removed annually from Halk Bahçesi, with a total associated value of 395\$. Upon examining the relevant estimates, it is clear that the highest amount of ozone gas (O_3) is removed from the atmosphere (Figure 8). The removal of 217.46 kg of ozone gas per year corresponds to a financial value of approximately two thousand liras. While sulphur dioxide (SO_2) is noted as the second most removed pollutant after ozone (31.67 kg), the estimated figure for particulate matter ($PM_{2.5}$) is significantly higher when considering the associated value (\$) equivalents. In addition to these values, the total amount of air pollutants removed was normalized by the surface area of the park and expressed in terms of spatial purification efficiency ($g\ m^{-2}\ year^{-1}$). Accordingly, the annual removal of 279 kg of pollutants across an area of 36,500 m^2 corresponds to approximately $7.64\ g\ m^{-2}\ year^{-1}$. This result highlights the meaningful spatial contribution of the vegetation in Halk Bahçesi to urban air quality improvement.

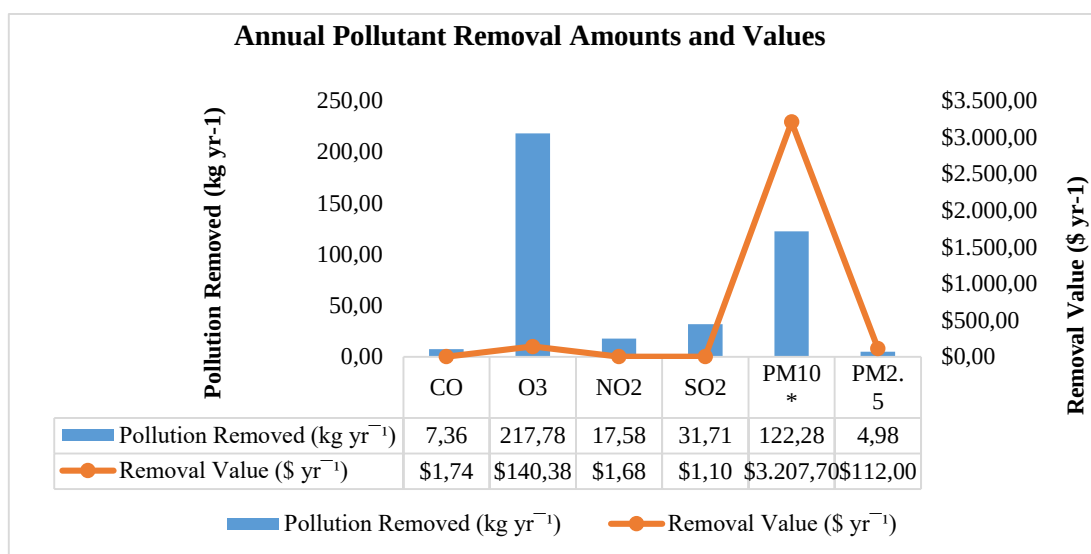


Figure 8. Halk Bahçesi annual pollutant removal amounts and values

Pollution removal values for each pollutant will vary monthly due to factors such as canopy density, pollution concentration, length of the leafy season, rainfall, and other meteorological variables that affect transpiration and sedimentation rates. These factors collectively influence the total pollutant removal and the standard rate of pollutant removal per unit of canopy (D. J. Nowak, Crane and Stevens, 2006). The monthly amounts of pollutants removed are depicted in Figure 9. The graph shows that ozone gas removal peaks during the summer months when vegetation is abundant, and temperatures—and consequently transpiration—are high.

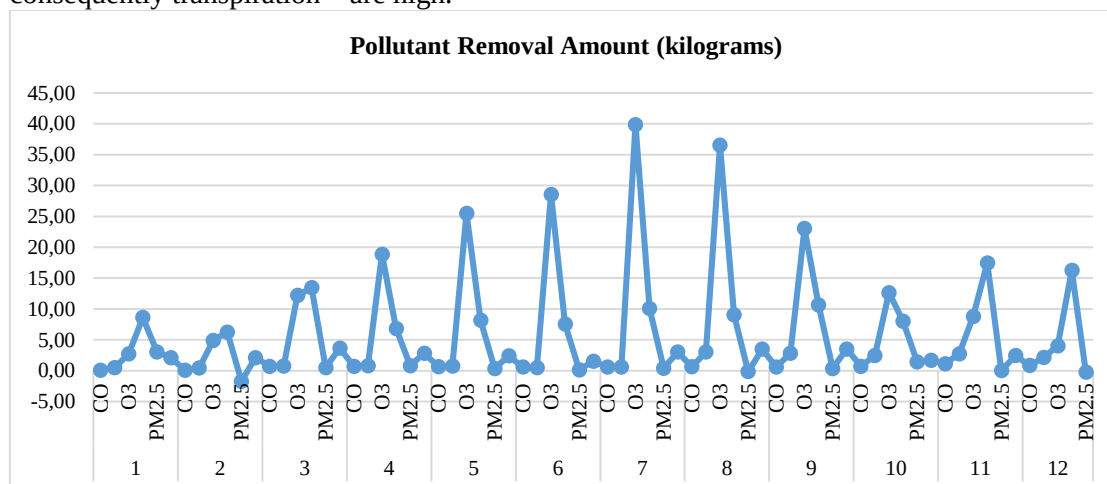


Figure 9. Amounts of pollutants removed by month in Halk Bahçesi

Urban trees play a crucial role in mitigating climate change and delivering diverse ecosystem services. They remove tons of air pollutants annually, influencing local air quality in various ways. Their impacts include capturing atmospheric particles, trapping gaseous pollutants, altering air currents, and providing shade while reducing temperatures through transpiration (Gülçin and Konijnendijk Van Den Bosch, 2021; D. J. Nowak et al., 2006). Consequently, their effects on environmental quality and human health are significant.

There is growing evidence of the devastating effects of air pollution on human health, recognized as a serious environmental issue (“WHO”, 2020), leading to millions of premature deaths annually. Simultaneously, over half of the global population now resides in urban areas, many of which have air quality that fails to meet the World Health Organization's healthy living guidelines (Hewitt, Ashworth and MacKenzie, 2020)

According to the findings, it can be stated that the existing trees in Halk Bahçesi are significant environmental assets in the urban landscape, having a considerable impact on improving air quality and providing important benefits to the well-being of the citizens of Çanakkale. Moreover, although the numerical values of certain ES provided by the trees in this area may initially seem low, they are crucial for reducing carbon emissions over the long term, ensuring local biodiversity, and mitigating urban heat island effects. Additionally, these services are essential for adapting to climate change, ultimately leading to significant improvements in human health.

In recent years, efforts to combat air pollution and climate change, such as reducing carbon emissions and promoting public transportation, have been overlooked in favour of individual transportation methods following the COVID-19 pandemic (Özdede et al., 2021). Consequently, vehicle exhaust emissions are rising in cities. However, the green infrastructure approach, which can comprehensively provide ES in urban areas, serves as a crucial element in sustainable urban planning, enhancing air quality, and fostering adaptation and resilience to climate change impacts (Votsis, 2017). Vegetation in urban open green spaces aid in reducing air pollution by directly eliminating pollutants and lowering air temperatures and building energy consumption (D. Nowak and Heisler, 2010). Nevertheless, due to increasing demand and usage pressures, particularly from the uncontrollable population growth in cities, ecosystems are rapidly deteriorating, and the services they offer are beginning to decline. Therefore, to ensure the sustainability of ES and protect the ecosystems that generate these services, their significance must be recognized and embraced by societies (Avcioğlu Çokçalışkan, 2016).

The findings concerning the numerical expressions of ES examined in this research is anticipated to effectively alleviate pressure on urban open green areas. Disseminating such studies will enhance the understanding of ecosystems and the services they provide. Furthermore, integrating ES into the landscape planning process is crucial for ensuring sustainability. Therefore, when making conservation decisions in plans designed to preserve sensitive areas of ecological significance for future generations, the ES approach, which aids in comprehending ecological processes, should also be incorporated during the planning stages.

Today, not only urban green areas but also green infrastructure systems at urban, regional, and national levels need to be organized and interconnected holistically. In addition to protecting and planning open green areas, which play a vital role in the urban fabric, it is essential to assess their adequacy. Although there is no universally accepted standard for the amount of green space a city should have (URBAN20, 2020), WHO data suggests that at least 9 m² of green space per person is necessary (“WHO”, 2020). However, the per capita amount of green space alone is insufficient to ensure that ES benefit a large number of urban residents. Various factors, such as accessibility and quality, which influence the usability of urban open green spaces, are also significant (URBAN20, 2020). According to the findings of this research, it can be concluded that public garden trees are a vital environmental asset in the urban landscape, significantly improving air quality and providing substantial benefits to the well-being of Çanakkale city residents. Indeed, Erbeşler Ayaşlıgil (2019) also examined the woody vegetation in Halk Bahçesi in her study and, as a result, highlighted the importance of Halk Bahçesi vegetation for the city and the region, offering suggestions for its protection and enhancement. Erduran et al. (2008), on the other hand, identified the types and characteristics of the plants in their study on the existing flora of Halk Bahçesi, detailing the ecological demands, morphological, aesthetic, and functional properties of the species they identified, as well as their suitability for Çanakkale conditions. They also outlined what needs to be done for the sustainable use of green spaces. Ilgar (2022) assessed

the perception and awareness of green areas in Çanakkale through survey studies conducted with the residents, revealing the extent to which green areas meet user needs and demands, as well as the necessity for new parks and green spaces. He made the following observations about Halk Bahçesi, which is one of the green areas he addressed in his study: Halk Bahçesi is the most important and centrally located urban park in Çanakkale, featuring the most effective shade in the city. While these earlier studies focused primarily on the botanical, functional, and user-based aspects of Halk Bahçesi, the present research adds a critical ecosystem services perspective by quantitatively evaluating the air pollution removal capacity of the park's vegetation. Based on the i-Tree Eco model outputs, the total annual air pollutant removal of 279 kg corresponds to $7.64 \text{ g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, which is a spatially significant value. When compared with findings from other studies—such as the values ranging between 6.2 and $23.1 \text{ g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ reported by Nowak et al. (2006) for various cities in the United States, the $4.65 \text{ g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ calculated by Coşkun Hepcan and Hepcan (2017) for a university campus in Türkiye, or the $5.3 \text{ g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ identified by Coşkun Hepcan (2019) in the Aşık Veysel Recreation Area in İzmir—the pollutant removal performance of Halk Bahçesi proves to be both effective and meaningful. These results underline the park's dual ecological and social value, highlighting its role not only as a recreational and historical asset but also as a vital green infrastructure component contributing to urban air quality regulation. Incorporating such quantitative ecosystem service assessments can substantially enhance urban green space planning and policy development.

In the case of Çanakkale, regional air quality challenges intensify the importance of such urban green infrastructures. The city is exposed to multiple pollution sources, including traffic emissions, domestic heating, and most significantly, the presence of thermal power plants located in Çan and Biga, with additional facilities planned. A recent study by Menteşe et al. (2020) emphasizes that pollutant concentrations—particularly PM_{10} and SO_2 —often approach or exceed threshold levels, raising public health concerns. In this context, urban parks such as Halk Bahçesi are not merely recreational amenities but act as localized mitigation zones, offering measurable reductions in airborne pollutants. Therefore, understanding and maximizing the unit-area contributions of vegetation to air quality regulation becomes a strategic necessity for cities like Çanakkale, where ecological pressure is expected to rise in the coming decades.

Conclusions

It has long been acknowledged that trees in urban areas enhance the character and appeal of a city, helping to create a unique "sense of place." However, with increasing demands for space and resources to accommodate conflicting land uses, it has become challenging to advocate for the protection of trees based primarily on intangible values (Anonymous, 2016). The economic values derived from the research findings reveal species-specific economic values concerning carbon capture, carbon storage, and pollution removal; this study will serve as a significant example to help bridge this gap to some extent.

As outlined in the research findings section, the key criteria for how urban vegetation enhances air quality include tree height, trunk DBH measurements, crown dimensions and quality, as well as factors related to the crown's exposure to light. It is concluded that plants receiving adequate light, exhibiting healthy development and crown structure, and possessing proper forms contribute more significantly to air quality. In this context, special care is essential regarding pruning and maintenance in urban open green areas, which are vital to the city's ecosystem. This consideration becomes even more critical, particularly for Halk Bahçesi, which holds historical significance with its many centuries-old trees. Halk Bahçesi, a historical urban park favored by citizens and characterized by a unique microclimate (Özden Açmaz and Özelkan, 2023), despite its limited physical size, can be considered an important area for the urban population of Çanakkale, offering significant benefits to their well-being, as demonstrated by this and other studies.

In conclusion, this research was conducted to determine the extent to which plant species within the city contribute to urban air quality in terms of ES and how these contributions vary by species. It forms an important basis for the measures to be taken, the policies to be followed, and the decisions to be made to ensure cities are liveable and healthy places. The Çanakkale province is at risk from the effects of thermal power plants as well as known air pollutants from heating and traffic. The presence of thermal power plants, whose potential negative impacts on air quality are frequently discussed in the literature, along with plans for new ones, underscores the importance of a green infrastructure approach

and holistic planning. Furthermore, as revealed in this study, air quality must be one of the most critical criteria considered during the design and plant selection stages. The results will not only indicate the extent to which specific plant species contribute to air quality, guiding the selection of plants in areas with similar climatic conditions, but will also illuminate the traces of temporal change by providing comparisons with increasing or decreasing canopy cover rates in future studies. Indeed, this study holds particular significance for the Çanakkale province, which is the primary focus of the research. Moreover, the study emphasizes that some species demonstrated a higher functional contribution to ecosystem services despite their relatively small numbers or limited physical size. For example, *Maclura pomifera* showed high carbon storage per tree, while *Laurus nobilis* had the highest annual oxygen production. *Fraxinus excelsior* and *Robinia pseudoacacia* also stood out with their high oxygen production efficiency, and *Cupressus sempervirens* provided strong benefits in both carbon storage and sequestration. These findings suggest that, especially in public green spaces, selecting such functionally efficient species—and favoring individuals with broader crown diameters and mature age—can significantly enhance the ecological performance of urban vegetation. Thus, aligning plant selection strategies with species-specific ecosystem service capacities will yield more effective outcomes for air quality improvement and long-term urban sustainability. Moreover, while the maintenance costs of old trees may be higher, the ecosystem services they provide—particularly in terms of climate regulation and air purification—clearly outweigh these costs. This emphasizes the need for careful protection of mature trees with large leaf volumes and highlights the importance of making multifaceted decisions regarding the placement of long-lived species. Urban vegetation can directly and indirectly influence both local and regional air quality by shaping the urban atmosphere. In this context, species diversity not only contributes visual and structural richness through varied textures, colors, and forms but also enhances ecosystem resilience by offering different functional values and resistance to species-specific diseases and pests.

Acknowledgments

This article is based on the master's thesis completed by the first author under the supervision of the second author at ÇanakkaleOnsekiz Mart University. It has been further refined for publication.

Authors' Contributions

1- Ç.K.A. and F.E. have designed the study. 2- F.E. collected and analyzed the data and visualized the results. 3- Both authors contributed to writing the article. 4- Ç.K.A. reviewed the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Albayrak, İ., 2012. Ekosistem servislerine dayalı havza yönetim modelinin İstanbul - Ömerli havzası örneğinde uygulanabilirliği. PhD Thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alcamo, J., Bennett, E.M., 2004. Ecosystems and Human Well-Being: a Framework for Assessment. Island Press: Washington, DC, USA.
- Allen, S.H., 1999. Finding walls of Troy: Frank Calvert and Heinrich Schliemann at Hisarlık. Australasian Victorian Studies Journal 5: 191-193.
- Alpan, K., Sekeroglu, B., 2020. Tree inventory registration system, in: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 29-32.
- Anonymous, 2016. Seed Consulting Services. Tree ecosystem services assessment, Ridge Park. A report prepared for the City of Unley, South Australia. https://www.itreetools.org/documents/342/RidgePark_Unley_AU_618_EcoReport_Final18May2016.pdf, (10.05.2022).
- Anonymous, 2020. Data from the world health organization (WHO). https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1, (12.06.2022).
- Aslan, R., 2012. Çanakkale Kent Tarihi ve Halk Bahçesi. ÇOMÜ Haber. <https://www.comuhaber.com/2012/06/08/canakkale-kent-tarihi-ve-halk-bahcesi-2/>, (7.10.2021.).
- Avcioğlu Çokçalışkan, B., 2016. Korunan alan planlamasında ekosistem hizmetleri. PhD Thesis, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Banzhaf, E., de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., 2019. Urban green infrastructure in support of ecosystem services in a highly Dynamic South American City: A multi-scale assessment of Santiago de Chile, in: Atlas of Ecosystem Services. Springer International Publishing, pp. 157-165. Baytop, A., 2011. Anadolu'dan bitki

- örnekleri toplamış olan arkeolog, antropolog ve diplomatlar. *Osmanlı Bilimi Araştırmaları*. 13 (1): 81-100.
- Benedict, M.A., McMahon, Edward., 2006. *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Island Press, Washington D.C.
- Çanakkale Kent Museum, 2019. Çanakkale Kent Müzesi ve Arşivi. <https://canakkalekentmuzesi.blogspot.com/2019/01/26-aralk-2018-eski-kent-fotograflar.html>, (12.10.2021).
- Chavan, B. L., Rasal, G. B., 2011. Potentiality of carbon sequestration in six-year ages young plant from university campus of Aurangabad. *Global Journal of Research in Engineering*. 11 (7-C).
- Chiesura, A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape Urban Plan* 68: 129-138.
- Coşkun Hepcan, C., 2019. Evaluation of the ecosystem services potential of an urban green space in the context of climate change: The case of Aşık Veysel Recreation Area, İzmir, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(7): 5391–5399
- Coşkun Hepcan, C., 2019. Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. İklim değişikliği eğitim modülleri serisi, iklim değişikliği alanında ortak çabaların desteklenmesi projesi (İklimIN), Ankara.
- Coşkun Hepcan, Ç., Hepcan, Ş., 2017. Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinin hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem servislerinin hesaplanması. *İzmir. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 54 (1):113-120.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*. 25: 3-15.
- Dunnett, N., Swanwick, C., Woolley, H., 2002. Improving urban parks, play areas and green spaces: May 2002. Dept. for Transport, Local Government and the Regions.
- Engin, F., 2022. Ekosistem servisleri çerçevesinde kentsel açık- yeşil alanların hava kalitesine etkilerinin belirlenmesi; Çanakkale Örneği. Master Thesis. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Engin, F., Kaptan Ayhan, Ç., 2021. Düzenleyici ekosistem servisleri açısından parkların hava kalitesine etkisinin saptanması; Çanakkale Halk Bahçesi Örneği. 2. International City and Ecology Congress-CEDESU 2021, December 2-3, 2021, Trabzon.
- Erbesler Ayasligil, T., 2019. The woody plants and landscape values of the historical public garden of in and the town of Çanakkale. *Megaron* 14:3. Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal. <https://doi.org/10.14744/megaron.2019.47715>
- Erduran, F., Kabaş, S., 2010. Parklarda ekolojik koşullarla dengeli, işlevsel ve estetik bitkilendirme ilkelerinin Çanakkale Halk Bahçesi Örneğinde İrdelenmesi. *Çanakkale. Ekoloji*. 19(74): 190-199.
- Geneletti, D., Cortinovis, C., Zardo, L., Esmail, B.A., 2020. Planning for Ecosystem Services in Cities, Springer Briefs in Environmental Science. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-20024-4>
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S., 2007. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*. 33: 115-133.
- Gülçin, D., Konijnendijk Van Den Bosch, C.C., 2021. Assessment of above-ground carbon storage by urban trees using lidar data: The case of a university campus. *Forests*. 12: 1-20.
- Hauer, R.J., Peterson, W.D., 2017. Tree Inventory Systems and Use in The United States. *Urban Tree Growth & Longevity Newsletter*, January 2017.
- Hewitt, C.N., Ashworth, K., MacKenzie, A.R., 2020. Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*. 49: 62-73
- Huy, B., 2013. Participatory carbon monitoring: manual for local technical staff. Measuring DBH tree pp.31 Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/317380319>
- i-Tree Eco, 2021. i-Tree Eco v6 Overview. <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco>, (15.09. 2021).
- Kalfa, Ş.M., 2020. Çanakkale'de Geçmişin Ayak Sesleri. Paradigma Akademi Yayınları.
- Kaplan, D. 2009. Çanakkale Arkeoloji Müzesi Frank Calvert Koleksiyonu Terrakotta Figürinleri. PhD Thesis, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Loures, L., Santos, R., Panagopoulos, T., 2007. Urban Parks and Sustainable City Planning-The Case of Portimão, Portugal. *Population*. 15(10): 171-180
- Meilby, H., Puri, L., 2007. Features and allometric relationships characterising trees on farmland—an example from Chainpur VDC, Chitwan. *Banko Janakari*. 17 (2): 18-26.
- Menteşe, S., Mirici, N. A., Elbir, T., Tuygun, G. T., Bakar, C., Otkun, M. T., Oymak, S., 2020. A comprehensive assessment of ambient air quality in Çanakkale city: Emission inventory, air quality monitoring, source apportionment, and respiratory health indicators. *Atmospheric Pollution Research*. 11(12): 2282–2296.
- Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., Mace, G.M., Palmer, M., Scholes, R., Yahara, T., 2009. Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current opinion in environmental sustainability*. 1(1): 46-54.

- Morani, A., Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Calfapietra, C., 2011. How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative. *Environ. Pollut.* 159: 1040-1047.
- Novák, V., 2021. Ecosystems and global changes. *Acta Hortic. Regiotecturae*. 24: 70-79.
- Nowak, D., Heisler, G., 2010. Air quality effects of urban trees and parks. *Natl. Recreat. Parks Assoc. Res. Ser. Monogr.* 1-44.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Green.* 4: 115-123.
- Nowak, D.J., Hoehn, R., Crane, D.E., 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboric. Urban For.* 33: 220-226.
- Onder, S., Dursun, S., 2010. Global climate changes and effects on urban climate of urban green spaces. *Int. J. Therm. Environ. Eng.* 3: 37-41.
- Özdede, S., Hazar Kalonya, D., Aygün, A., 2021. Pandemi sonrası dönemde kişi başına düşen kentsel yeşil alan ihtiyacını yeniden düşünmek. *İdealkent, Covid 19 Özel Sayısı*. 12: 362-388.
- Özdemir, H., 2013. Investigation of The Impact of Urbanization On Climate And Air Quality: A Case Study Over Turkey. *İstanbul. PhD Thesis, Marmara University, Istanbul.*
- Pace, R., Biber, P., Pretzsch, H., Grote, R., 2018. Modeling ecosystem services for park trees: sensitivity of i-tree eco simulations to light exposure and tree species classification. *Forests.* 9: 89.
- Riondato, E., Pilla, F., Sarkar Basu, A., Basu, B., 2020. Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model. *Sustain. Cities Soc.* 61.
- Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S., 2011. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1978. The photosynthesis-transpiration compromise. *Plant Physiol.* 4: 66-92.
- Speak, A.F., Montagnani, L., Solly, H., Wellstein, C., Zerbe, S., 2022. The impact of different tree planting strategies on ecosystem services and disservices in the piazzas of a northern Italian city. *Urban Ecosyst.* 25:355-366.
- Sturiale, L., Scuderi, A., 2019. The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation. *Climate* 7(10):119.
- Votsis, A., 2017. Planning for green infrastructure: the spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices. *Ecol. Econ.* 132: 279-289.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/ Research Article

Arazi Kullanım ve Arazi Örtü Çeşidinin Bafra Delta Ovası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Karakteristikleri Üzerine Olan Etkisi

Ayşe Ertaş Peker^{1*}  Orhan Dengiz² 

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar: ayse.ertaspeker@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi: 05.10.2024

Kabul Tarihi: 10.02.2025

Öz

Bazı toprak özellikleri, arazi kullanım ve arazi örtü türlerinin (tarla, orman, mera) farklılığından etkilenmektedir. Bu araştırma arazi kullanımı/arazi örtüsündeki farklılaşmaya bağlı olarak toprakların bazı hidro-fiziksel ve kimyasal karakteristiklerine olan etkilerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Samsun İli, Bafra Ovası sol sahili içerisindeki dağılım gösteren tarım (tarla bitkileri yetiştiriciliği), orman ve mera alanlarından toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin tekstür, hacim ağırlığı, pH, EC, kireç içeriği, organik madde ve agregat stabilitesi özellikleri belirlenmiştir. Yüzeyden 20 cm derinlikten alınan topraklarda; arazi kullanımı/arazi örtüsü farklılaşmasından; toprakların hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, pH ve organik madde özelliklerinin istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda ise istatistiksel anlamda önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı-arazi örtüsü, Toprak özellikleri, Bafra Ovası

The Effect of Land Use and Land Cover Types on Some Physical and Chemical Characteristics of Bafra Delta Plain Soils

Abstract

Some soil properties are affected by the variation in land use and land cover types (field, forest, pasture). The study was conducted to detect the effects of land use and land cover changes on some hydro-physical and chemical characteristics of Bafra Delta plain soils. For this aim, soil samples were taken from agricultural (field crop cultivation), forest and pasture areas distributed within the left coast of Bafra Plain in Samsun Province. Texture, bulk density, pH, electrical conductivity, lime content, organic matter and aggregate stability properties of soil samples were determined. In soils taken from surface depth; it was determined that bulk density, aggregate stability, pH and organic matter properties of soils were affected by land use/land cover changes at a statistically significant level. It was also detected that there was no statistically significant change in soils taken from subsurface depth.

Keywords: Land use/land cover, Soil properties, Bafra plain

Giriş

Kayaçların ve organik materyalin ayrışmasıyla oluşan toprak; canlılara durak yeri ve besin kaynağı olan, birbirinden farklı katmanlardan oluşan dinamik, üç boyutlu ve canlı bir varlıktır (Bakırcıoğlu, 2009). Toprağın zaman içerisinde kendini yenilemesi ve üretkenliğini devam ettirebilmesi ancak doğru kullanıldığı zaman gerçekleşir. Arazi kullanımının farklılığından dolayı, toprak özelliklerinin bir kısmı çok kısa zaman içerisinde değişime uğramaktadır. Bu özelliklerdeki değişimlerin olumlu olması ve toprağın üretkenlik fonksiyonlarını kaybetmemesi için arazilerin yeteneklerine uygun kullanılması ve toprak amenajmanının doğru yönetilmesi gerekmektedir (Oğuz ve Acar, 2011).

Artan nüfus artışına bağlı olarak tarım alanlarının yerleşim alanlarına dönüştürülmesi, orman alanlarının tarım arazilerine değişimi, mera alanlarının aşırı otlatılması gibi bilinçsizce kullanımları sonrasında tarım, orman ve mera alanlarının miktarı giderek azalmaktadır. Bu durumlar toprağın üretkenliğini kaybetmesine, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve toprak kayıplarına yol açmaktadır.

Toprak organik maddesinin, arazi kullanımı farklılığından etkilendiği çalışmalarda bildirilmiştir (Schulp ve Veldkamp, 2008). Tarım alanlarındaki organik madde miktarı, bitki yetiştiriciliği sırasında yapılan uygulamalardan dolayı, mera ve orman alanlarından daha düşük çıkmaktadır (Sinoga ve ark., 2012). Ayrıca toprak organik maddesi ile toprakların gözenek hacmi, su tutma kapasitesi, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı ve toprakların biyolojik özellikleri arasında önemli ilişkiler bulunmaktadır (Kay ve Dexter, 1990). Konu ile ilgili olarak mera ve orman alanlarından alınan yüzey topraklarında; toprakların özelliklerindeki değişimlerin arazi farklılaşmasına bağlı olarak değerlendirildiği çalışmada Agnese ve ark. (2011) orman topraklarında mera toprağına göre daha düşük hacim ağırlığı ve hidrolik geçirgenlik değerlerinin tespit edildiğini, her iki arazi kullanım türünde (orman ve mera) organik madde içeriğinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Hindistan'da yapılan başka bir araştırmada ise Saha ve ark. (2011) orman, mera ve tarım gibi farklı arazi kullanım alanları altındaki toprakların organik madde içeriklerinde; arazi kullanımına göre farklılık görülürken, yüzey altı toprakların organik madde içeriğinin, tarım ve mera alanlarında istatistiksel olarak farklılık göstermediğini bildirmişlerdir. Oğuz ve Acar (2011) Tokat ili Kazova' da yapılan çalışma kapsamında dört farklı arazi kullanımlarında (mera, tarım, orman ve meyve bahçeleri) toprak özelliklerindeki fiziksel ve kimyasal değişimleri değerlendirmişlerdir. Çalışmada araştırmacılar, arazi kullanımına bağlı olarak topraklarda elektriksel iletkenlik (EC), pH, toplam azot ve potasyum gibi özelliklerde istatistiksel anlamda önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı arazi örtüsü ve arazi kullanımlarının fulüviyal yer şekilleri üzerinde oluşmuş toprakların bazı fiziksel ve kimyasal karakteristikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, arazi kullanım türlerinde meydana gelen değişikliklerin toprak özelliklerine etkilerinin araştırıldığı çok sayıda çalışmalar olmakla birlikte, yarı humid iklim koşullarına sahip çalışma yerinde daha önce arazi farklılıklarındaki değişimlerin toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin bir arada değerlendirildiği çok az literatür bilgisine bulunmaktadır.

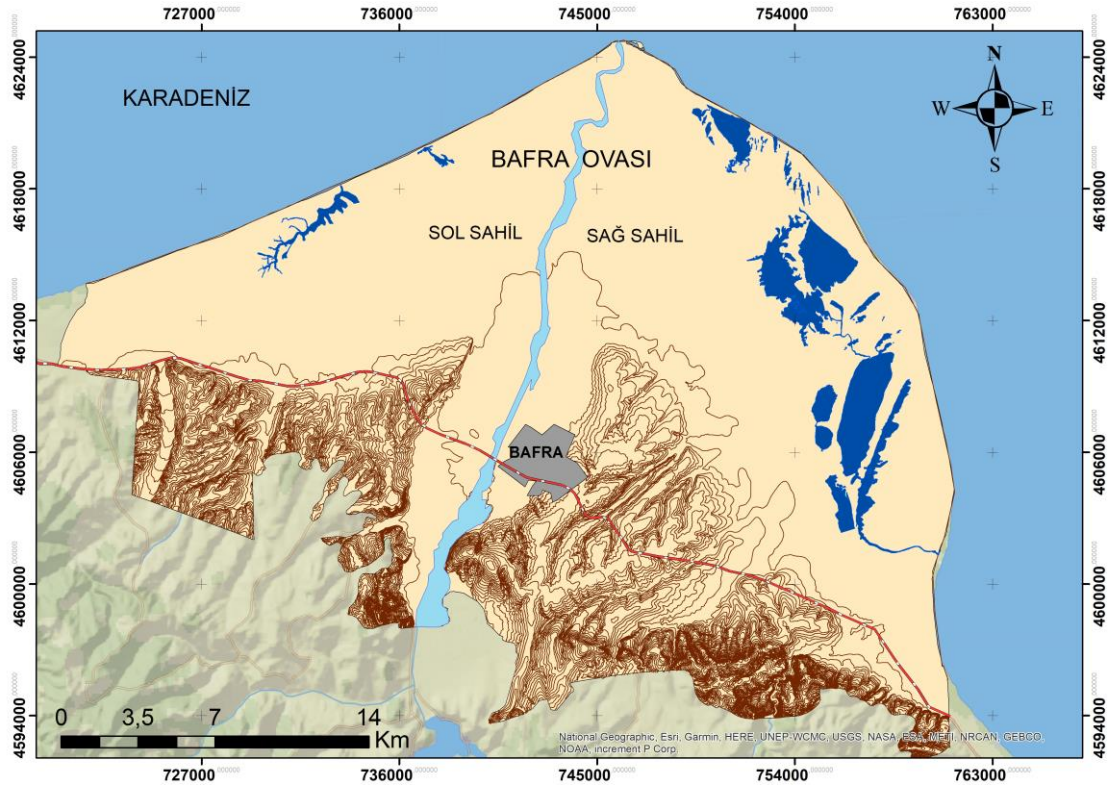
Yapılan bu çalışma ile Kızılırmak nehrinin taşıdığı alüviyonlarla oluşturduğu Bafra Delta Ovasının Sol Sahilinde yer alan farklı arazi kullanımlarında (tarla, orman, mera) toprakların bazı özelliklerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesin'de 41° 28' - 41° 45' kuzey enlemleri ve 35° 43' - 35° 58' doğu boylam koordinatları arasında yer almaktadır. Bafra Delta Ovası Kızılırmak'ın Karadeniz'e ulaştığı yerde, ırmağın taşıdığı alüviyonlarla oluşturduğu bir delta ovasıdır. Bafra Ovası'nın Samsun'a uzaklığı 51 km olup yüz ölçümü 175.000 hektardır (Anonim, 2024a).

Bafra Ovası, Samsun ilinin iklim özelliklerini taşımaktadır. Uzun yıllar meteorolojik verilere göre, ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında 23 °C olarak ölçülmüş olup, ortalama en düşük sıcaklık 5.7 °C ile Şubat ayında tespit edilmiştir. Uzun yıllar yıllık toplam yağış miktarı ise 794.2 mm olarak bildirilmiştir (Taşan, 2018). Bafra Ovası'nda yoğun olarak çeltik, buğday, şeker pancarı, mısır, ayçiçeği ve tütün gibi tarla yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ayrıca bölgede kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği sulama imkanlarının artmasıyla önem kazanmıştır.

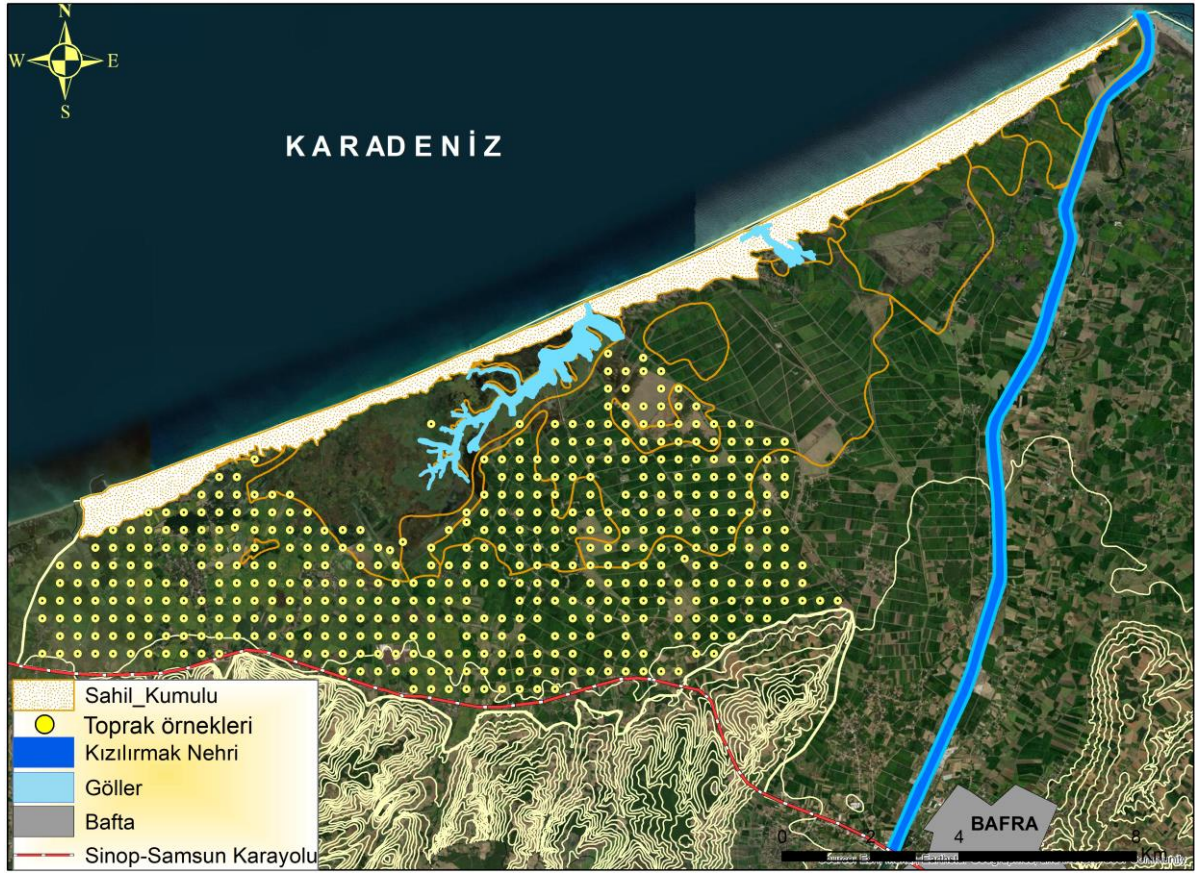




Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1. Location map of the study area

Yöntem

Bafra Ovası sol sahilinde arazi kullanım ve arazi örtü türleri (tarla bitkileri, orman, mera) alanlarından toplamda 468 noktadan yüzeyden (0-20 cm) ayrıca yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere iki farklı derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde çalışma alanında 380 noktada tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılırken, 71 noktayı mera ve 17 noktayı ise ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Alınan toprak örnekleri laboratuvarlarda hava kuru hale getirilmiştir. Kuruyan toprak örnekleri, 2 mm gözenek çaplı elekten geçirilerek, yapılacak analizler için hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin alındığı noktalar Şekil 2’ de verilmiştir. Farklı arazi kullanımlarından alınan toprak örneklerinde, toprak tekstür analizi Bouyoucos Hidrometre metodu ile (Bouyoucos, 1951), pH ve elektriksel iletkenlik (1:2.5’lik toprak-su karışımında (Anonymous, 1982) belirlenmiştir. Toprakta organik madde içeriği (OM), değiştirilmiş Walkley-Black yöntemi (Nelson ve Sommers, 1983), kireç (CaCO_3) içeriği ise Scheibler kalsimetresi yöntemi (Soil Survey Staff, 1993) kullanılarak tespit edilmiştir. Toprağın fiziksel özelliklerinden hacim ağırlığı (HA) araziden alınan bozulmamış toprak örneğinde silindir yöntemi kullanılarak yapılırken (Blake ve Hartge, 1986), agregat stabilitesi (AS) ise ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986).



Şekil 2. Çalışma alanındaki toprak örnekleme deseni
Figure 2. Soil sampling pattern in the study area

İstatistik Analizler

Çalışmada farklı kullanım alanlarından alınan toprak özelliklerinin yüzey ve yüzey altı derinlik için ortalama, varyans, standart sapma, çarpıklık, basıklık, en büyük, en küçük, değerlerine ait tanıttıcı istatistikler SPSS programı yardımı ile hesaplanmıştır. Arazi kullanımı/arazi örtüsünün toprak özellikleri üzerindeki etkisi ANOVA ile değerlendirilmiş ($P=0.05$), sonrasında farklılıkların ortaya konulmasında Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Toprakların fiziko-kimyasal karakteristiklerinin temel bazı istatistik değerleri

Çeşitli arazi örtüsü ve arazi kullanımları altındaki toprakların bir kısım fiziksel ve kimyasal karakteristiklerine ait temel tanımlayıcı istatistik özellikleri Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir.

Wilding (1985), değişim katsayısı %15 den az olanları düşük, %15 ile %35 arası olanları orta ve %35 den fazla olanları ise değişkenliği yüksek olarak nitelendirmektedir. Bu sınıflandırmaya göre her iki derinlik için tüm arazi kullanımlarında ortalama değere göre düşük seviyede değişkenlik gösteren özellikler; pH ve HA özelliği iken, toprakların kil ve silt içeriği ise orta seviyede değişkenlik göstermiş, ayrıca EC ve CaCO_3 içerikleri de farklı arazi kullanımları için yüksek değişkenlik sergilemiştir (Çizelge 1 ve 2). Taşan ve Demir (2019) tarafından Bafra Ovası’nda toprakların tuzluluk ve alkalilik değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirildiği çalışmada, toprak özelliklerinden, EC ve CaCO_3 özelliklerinin yüksek derecede değişkenlik gösterdiği, pH’nın ise düşük değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Toprakta pH’nın az değişkenlik gösterdiği aynı bölgede yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Saygın ve ark., 2019; Abakay ve Günel, 2023). Çalışma alanı topraklarının ana materyalden kaynaklı kireç içeriği bakımından yüksek değişkenliğe sahip olduğu söylenebilir (Peker ve Dengiz, 2024). Günel ve ark. (2020) tarafından yapılan tütün alanlarının organik karbon potansiyellerini belirledikleri bir çalışmada, CaCO_3 içeriğinin en yüksek değişkenliğe sahip özellik olduğu bildirilmiştir. Peker ve Dengiz (2024) tarafından Bafra ovası’nda lahanaya yetiştirilen alanlarda yapılan çalışmada, toprak verimlilik özellikleri içerisinde ortalama değere göre az değişkenlik gösteren özelliklerin pH özelliği olduğu, kil

ve silt içeriğinin orta seviyede değişkenlik gösterdiği ve diğer özelliklerin ise yüksek değişkenlik sergilediği belirtilmiştir.

Toprakların tekstürel fraksiyonları (kum, silt, kil) araştırma konularına göre farklılıklar göstermiş olduğu belirlenmiştir. Toprak tekstürel karakteristiklerindeki farklılıklar arazi kullanımı ile değil toprakların oluşumu ile ilişkilidir. Toprak tekstürünün değişimi arazi kullanım türleriyle kısa sürede anlamlı değişiklikler göstermez (Macit ve ark., 2021). Ayrıca tüm arazi kullanımlarında her iki derinlik için, kum içeriği yüksek değişkenlik göstermiştir (Çizelge 1 ve 2). Bunun en önemli nedeni, özellikle alüvyal alanlar üzerinde oluşan toprakların, akarsuların taşıyarak getirdiği malzemeler üzerinde oluşmaları ve kısa mesafelerde sergilemiş oldukları değişkenliklerdir (Dengiz, 2010; Pacci ve ark., 2022). Agregat stabilitesi ve OM içerikleri her iki toprak derinliği için tarla bitkileri alanlarında yüksek değişkenliğe sahip iken, orman ve mera alanlarında orta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1. Farklı arazi kullanımlarında yüzey topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (N:468)

Table 1. Descriptive statistical data on the physico-chemical properties of surface soils in different land use (N: 468)

Parametre	Arazi kullanımı	EDD	EYD	Ort	SS	Varyans	DK*	Çarpıklık	Basıklık
Yüzey (0-20 cm)									
Kum, %	Tarla	6.60	91.87	20.55	9.22	85.05	44.88	3.137	17.668
	Orman	12.05	46.50	25.93	9.29	86.32	35.82	0.304	-0.219
	Mera	9.45	56.63	25.30	10.65	113.44	42.11	0.869	0.579
Kil, %	Tarla	4.62	72.98	45.16	11.41	130.23	25.27	-0.755	0.980
	Orman	25.26	52.42	43.12	8.01	64.17	18.58	-0.926	0.058
	Mera	5.22	65.91	41.94	13.82	191.05	32.95	-0.939	0.788
Silt, %	Tarla	3.51	76.07	34.29	8.32	69.20	24.26	0.583	3.628
	Orman	18.30	45.02	30.95	6.58	43.28	21.26	0.324	0.089
	Mera	14.79	62.36	32.76	10.99	120.83	33.55	0.688	0.333
HA, g cm ⁻³	Tarla	0.91	1.62	1.30	0.08	0.01	5.91	0.560	3.774
	Orman	1.19	1.44	1.27	0.06	0.00	4.96	1.376	2.390
	Mera	1.04	1.40	1.25	0.07	0.01	5.79	-0.412	1.053
pH	Tarla	6.39	8.52	7.77	0.24	0.06	3.11	-1.173	5.500
	Orman	7.17	8.07	7.59	0.24	0.06	3.12	-0.343	0.316
	Mera	6.15	8.32	7.56	0.39	0.15	5.18	-1.167	1.999
EC, dS m ⁻¹	Tarla	0.22	6.06	1.12	0.75	0.56	66.72	2.849	14.055
	Orman	0.29	2.16	0.98	0.61	0.37	62.18	0.811	-0.529
	Mera	0.29	6.75	1.42	1.46	2.13	103.00	1.930	3.643
CaCO ₃ , %	Tarla	0.08	17.29	3.88	3.49	12.16	89.87	1.440	1.792
	Orman	0.61	14.15	4.18	3.69	13.63	88.31	1.303	1.791
	Mera	0.23	15.30	4.88	4.69	0.87	96.05	0.868	-0.748
OM, %	Tarla	0.45	26.11	3.23	1.65	2.73	51.23	8.014	107.589
	Orman	1.59	6.53	5.53	1.18	1.38	21.27	-2.540	8.011
	Mera	1.22	6.59	5.04	1.36	-0.80	26.97	-0.801	-0.275
AS, %	Tarla	1.51	89.00	39.33	21.40	457.80	54.40	0.053	-1.076
	Orman	19.04	87.56	69.19	16.06	257.99	23.21	-2.001	5.374
	Mera	9.01	96.06	66.56	15.97	255.04	23.99	-0.017	-1.168

Kısaltmalar: EDD:En Düşük Değer; EYD:En Yüksek Değer;Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; DK: Değişim Katsayısı;

AS: Agregat Stabilitesi; HA: Hacim Ağırlığı ; EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde.

*DK < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

Çizelge 2. Farklı arazi kullanımlarında yüzey altı topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (N:468)

Table 2. Descriptive statistical data on the physico-chemical properties of subsurface soils in different land use (N: 468)

Parametreler	Arazi kullanımı	EDD	EYD	Ort	SS	Varyans	DK*	Çarpıklık	Basıklık
Yüzey (20-40 cm)									
Kum, %	Tarla	5.66	91.44	19.06	8.37	70.07	43.91	2.727	17.105
	Orman	11.04	35.64	19.64	9.09	82.67	46.28	0.773	-1.188
	Mera	8.29	57.06	21.21	8.55	73.08	40.30	1.185	3.140
Kil, %	Tarla	4.54	73.04	46.76	10.82	117.17	23.15	-0.461	0.226
	Orman	33.78	66.93	50.23	8.67	75.17	17.26	-0.263	-0.066
	Mera	8.02	72.00	47.33	12.98	168.43	27.42	-0.949	1.432
Silt, %	Tarla	4.02	63.25	34.18	7.49	56.09	21.91	0.252	1.028
	Orman	20.49	39.01	30.12	5.15	26.55	17.10	0.013	-0.500
	Mera	14.61	59.03	31.46	9.16	83.94	29.13	0.903	1.007
HA, g cm ⁻³	Tarla	1.17	1.56	1.31	0.08	0.01	5.77	1.117	1.110
	Orman	1.21	1.36	1.26	0.04	0.00	3.54	1.559	1.267
	Mera	1.01	1.46	1.27	0.07	0.01	5.64	-0.313	2.823
pH	Tarla	6.66	8.48	7.83	0.21	0.04	2.69	-0.893	3.784
	Orman	7.25	8.21	7.78	0.24	0.06	3.11	-0.649	0.550
	Mera	6.35	9.31	7.77	0.36	0.13	4.61	-0.001	7.579
EC, dS m ⁻¹	Tarla	0.20	6.27	1.10	0.72	0.52	65.71	2.692	12.802
	Orman	0.00	4.70	1.13	1.28	1.63	113.38	1.957	3.446
	Mera	0.25	6.79	1.35	1.33	1.77	98.85	2.017	4.240
CaCO ₃ , %	Tarla	0.23	16.06	4.01	3.44	11.83	85.83	1.283	1.137
	Orman	0.46	14.61	2.96	3.71	13.77	125.35	2.283	5.635
	Mera	0.31	15.45	5.04	4.52	20.39	89.60	0.886	-0.499
OM, %	Tarla	0.41	12.87	2.72	1.23	1.51	45.17	2.233	13.264
	Orman	2.85	6.47	4.86	1.09	1.19	22.38	-0.156	-0.958
	Mera	0.59	6.54	3.78	1.41	1.98	37.30	-0.006	-0.316
AS, %	Tarla	2.40	96.06	64.05	19.45	378.31	30.36	-1.438	2.188
	Orman	49.43	90.05	72.23	13.21	174.73	18.30	0.162	0.033
	Mera	7.76	94.87	64.15	18.37	337.74	28.65	-0.970	1.221

Kısaltmalar: EDD:En Düşük Değer; EYD:En Yüksek Değer;Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; DK: Değişim Katsayısı;

AS: Agregat Stabilitesi; HA: Hacim Ağırlığı ; EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde

*DK < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

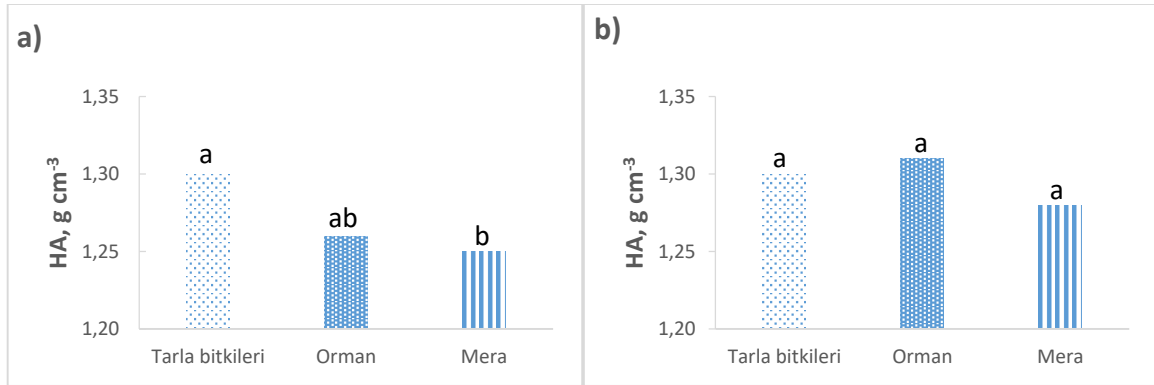
Farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak toprak özelliklerindeki değişimin incelenmesi

Fiziksel özellikler

Araştırma alanı, arazi kullanımı-arazi örtüsü bakımından tarla bitkileri yetiştirilen tarım alanı, orman ve mera şeklinde sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı toprak tekstürü açısından incelendiğinde; yüzeyde ortalama kum değerleri tarla bitkileri alanında %20.55, mera alanında %25.30, orman alanında %25.93; ortalama kil değerleri ise tarım alanında %45.16, mera alanında %41.94 ve orman alanında %43.12 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Yüzey altı topraklarda ortalama kum değerleri tarla bitkileri alanında % 19.06, mera alanında %21.21, orman alanında %19.64; ortalama kil ise tarla bitkileri alanında %46.76, mera alanlarında %47.33, orman alanlarında ise %50.23 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Farklı arazi kullanım-arazi örtüsü altında dağılım gösteren topraklardaki bünyedeki bu değişim, Kızıllırmak tarafından taşınmış ve kısa mesafeler içerisinde farklı fraksiyonel içeriğe sahip alüvyal sediment üzerinde oluşmuş olmalarından ileri gelmektedir.

Araştırma alanı topraklarının yüzeyde ortalama hacim ağırlığı değerleri; tarım topraklarında %1.30, orman topraklarında %1.27, yüzey altı toprağında ise mera topraklarında %1.25 (Çizelge 1); yüzey altı toprağında ise değerleri tarla bitkileri topraklarında %1.31, orman topraklarında %1.26, mera topraklarında %1.27 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Çoklu karşılaştırma sonucuna göre; hacim ağırlığı değerleri açısından yüzeyde istatistiksel olarak farklılık belirlenirken, tarla ve mera kullanım alanları farklı grupta yer almıştır (P<0.05). Yüzey altı derinlikte arazi kullanımına bağlı olarak istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir (P>0.05) (Şekil 3). Korkanç ve ark. (2018) farklı arazi kullanımları altında, toprak özelliklerindeki değişimleri inceledikleri çalışmada arazi kullanımı-arazi örtüsüne göre ova toprakların hacim ağırlığı değerlerinin, istatistiksel bakımdan önemli seviyede değiştiğini, mera alanındaki toprakların hacim ağırlığı değerlerinin yonca, patates, fasulye, elma kullanılmayan işlemeli tarım yapılan alanındaki toprakların hacim ağırlığı değerleri ile farklı gösterirken, fasulye ekili alan

topraklarınıninki ile istatistiksel açıdan benzer olduğunu bildirmişlerdir. Emadi ve ark. (2009) ve Kaur ve Bhat (2017) tarafından farklı arazi kullanımları ile yaptıkları çalışmada mera topraklarındaki hacim ağırlığı değerlerinin tarım topraklarından daha az olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 3. Araştırma alanı ortalama HA değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm
**Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P>0.05$)

Figure 3. Variation of average HA values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm
* There is no difference between the averages shown with the same letters ($P>0.05$)

Agregat stabilitesi; toprak agregatlarının; su ve rüzgar erozyonu, büzülme ve şişme süreçleri ve toprak işleme gibi dış kuvvetlere maruz kaldığında parçalanmaya karşı direnç gösterme yeteneğinin bir ölçüsüdür (Anonim, 2024b). Toprakların agregat büyüklük dağılımları ve stabilitesi toprak kalitesinin bir göstergesidir (Özdemir ve ark., 2015; Eraslan ve ark., 2016). Aynı zamanda, agregatlaşmanın toprakların bazı özellikleri ile ilişkili olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir (Yılmaz ve ark., 2005; Saygın ve ark., 2019). Araştırma yapılan alanın büyük bir kısmında çeltik, mısır, yem bitkisi gibi tarla bitkilerinin üretimi yapılmaktadır. Agregat stabilitesi özellikle tarımsal faaliyetlerin yapıldığı tarla bitkileri yüzey toprağında, en düşük ortalama değerlerini (%39.33) almıştır (Çizelge 1). Bunun sebepleri; toprakların sürekli olarak yoğun tarla trafiği ile karşı karşıya kalması sonucu toprak agregatlarının bozulması, toprakların işlenmesi gibi tarımsal uygulamalar sonucu organik maddenin hızlıca indirgenmesi ile parçalanarak azalması olabilir (Tunçay ve Dengiz, 2017). Farklı arazi örtüsü altında toprakların gelişimi ve agregat stabilitesinin değişiminin değerlendirildiği çalışmada, Tunçay ve Dengiz (2017) tarım yapılan alanlar ve mera alanlarındaki agregat stabilitesi değerleri arasında arazi kullanım farklılığından kaynaklanan istatistiksel bir farklılığın olduğunu, orman ve mera alanlarında farklılığın oluşmadığını, derinliğe bağlı olarak değerlerin düştüğünü bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada arazi kullanımlarına göre AS değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki farklar önemli olarak belirlenmiştir. Çoklu karşılaştırma analiz sonuçlarına göre ise; yüzeyde mera ve orman alanları arasında fark yok iken, tarla bitkileri alanı ile bu alanlar arasında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($P<0.05$) (Şekil 4). Arazi kullanımındaki farklılıkların özellikle toprakların fiziksel özellikleri üzerine belirgin etkileri yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Zaher ve ark., 2020; Macit ve ark., 2021; Tokel, 2021). Öztürkmen ve ark. (2021) farklı arazi kullanımına sahip toprakların agregat stabilitesini değerlendirdikleri çalışmada, agregat stabilitesi değerlerinin en düşük meyve bahçesinde (%34.66), en yüksek ise sulanan tarım arazisinde (%67.33) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca toprakların agregat stabilitesinin arazi kullanımlarından önemli düzeyde ($P<0.05$) etkilendiğini tespit etmişlerdir.



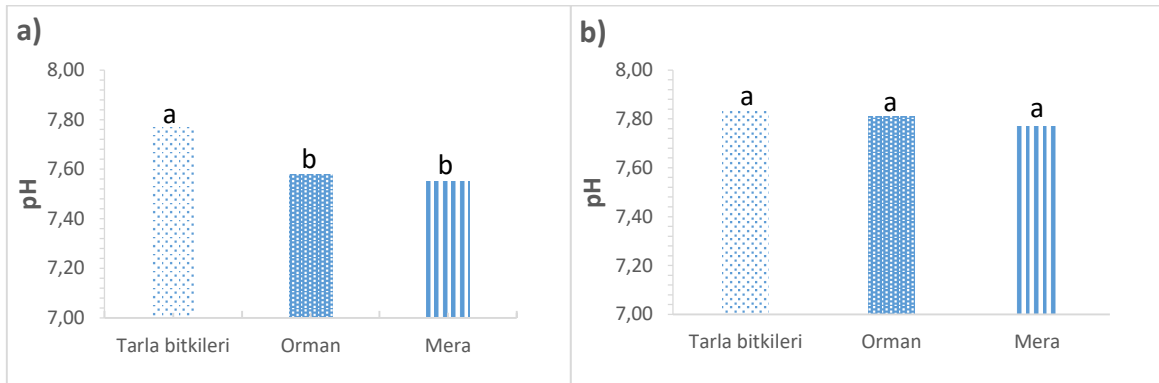
Şekil 4. Araştırma alanı ortalama AS değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm
*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P>0.05$)

Figure 4. Variation of average AS values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

*There is no difference between the averages shown with the same letters ($P>0.05$)

Kimyasal Özellikler

Farklı arazi kullanımı/örtüsüne göre değerlendirme yapıldığında; yüzeyden alınan toprakların en yüksek ortalama pH değerlerinin 7.77 ile tarla bitkileri topraklarında, en düşük ise mera topraklarında 7.56 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Yüzey altı alınan toprakların en yüksek ortalama pH değerleri tarla bitkileri topraklarında 7.83, en düşük ise mera topraklarında 7.77 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Tarla bitkileri alanlarında dağılım gösteren toprakların yüzeyde pH değerleri mera ve orman arazi kullanımı alanıyla karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiş, orman ve mera arazi kullanımı-arazi örtüsü arasında ise istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir ($P>0.05$). Yüzey altı derinlikte pH miktarı için arazi kullanımları yönünden istatistiksel bir farklılık görülmemektedir ($P>0.05$) (Şekil 5). Biro ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada tarım alanlarındaki yüksek pH değerlerinin olmasının nedenini; organik madde değerlerinin düşük olması ve yapılan tarımsal uygulamalardan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Oğuz ve Acar (2018) yaptıkları çalışmalarında farklı arazi kullanım türleri ile alt toprağın pH, EC, toplam azot ve potasyum içerikleri gibi kimyasal özellikleri arasında önemli farklılıklar olduğunu, meyve bahçesindeki toprakların pH değerlerinin, tarım ve mera alanlarındaki topraklarınkinden daha düşük ve istatistiksel açıdan önemli olduğunu bildirmişlerdir.



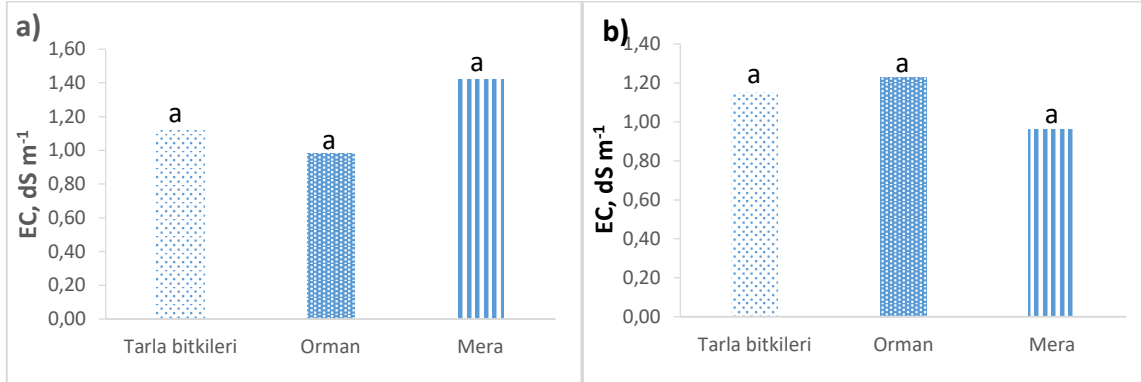
Şekil 5. Araştırma alanı ortalama pH değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P>0.05$) Figure 5. Variation of average pH values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

*There is no difference between the averages shown with the same letters ($P>0.05$)

Farklı arazi kullanımı/arazi örtüsü durumuna göre; yüzeyden alınan toprakların en yüksek ortalama EC değerlerinin (1.42 dS m^{-1}) mera alanlarından, en düşük ise tarla bitkileri alanından alınan (1.10 dS m^{-1}) toprak örneklerinden elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 1). Yüzey altından alınan toprakların ise en yüksek ortalama EC değerleri (1.35 dS m^{-1}) mera alanlarından, en düşük ise (1.10 dS m^{-1}) orman alanından alınan toprak örneklerinden elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Çalışmada mera alanında EC değerlerinin daha yüksek bulunmasının sebebi olarak, tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı tarla bitkileri alanında yapılan sulamalar sonucunda tuzların üst derinliklerden alt derinliklere

doğru yıkanması gösterilebilir. Ancak arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre toprakların EC özelliği her iki derinlikte de istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 6). Benzer başka bir çalışmada Korkanç ve ark. (2018) çalışmalarında EC değerlerinin mera alanlarında tarım alanlarından daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Zhaoyong ve ark. (2014), toprak tuzluluğunun arazilerin kullanım şekillerinden ve arazi örtüsü farklılığından etkilendiğini, tarım alanlarında EC değerlerinin daha yüksek bulunabileceğini bildirmişlerdir.



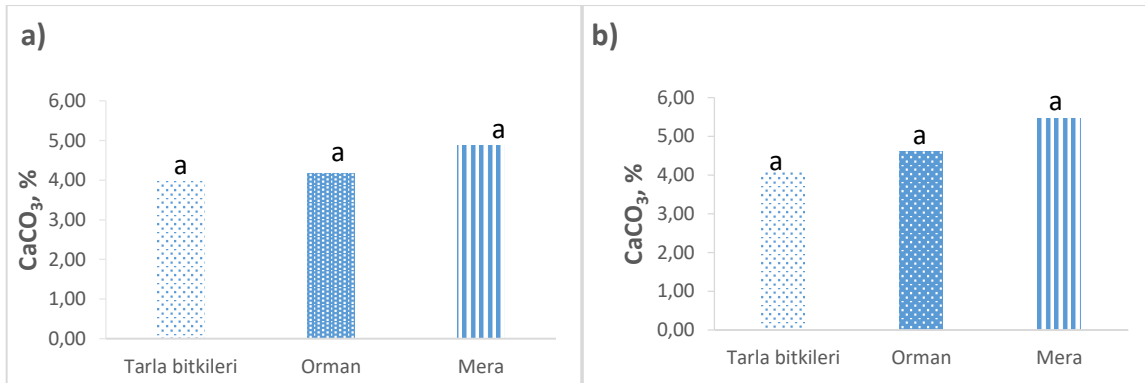
Şekil 6. Araştırma alanı ortalama EC değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P>0.05$)

Figure 6. Variation of average EC values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

* There is no difference between the averages shown with the same letters ($P>0.05$)

Farklı arazi kullanımı/örtüsüne göre değerlendirme yapıldığında; yüzeyden alınan toprakların ortalama kireç içeriği tarla bitkileri alanında %3.88, mera alanlarında %4.88, orman alanlarında %4.18 (Çizelge 1); yüzey altında tarla bitkileri alanında %4.01, mera topraklarında %5.04, orman topraklarında %2.96 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Alanların kireç içerikleri her iki derinlikte de istatistiksel olarak karşılaştırıldığında; ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 7). Toprakların kireç içeriği arazi kullanım çeşitleri ile ilişkili değişiklikler gösterebildiğini belirtmiştir (Macit ve ark., 2021). Ancak, çalışma sonuçlarına göre; toprakların kireç içeriklerinin değişiminde arazi kullanım farklılıklarından ziyade ana materyal, iklim ve topoğrafya gibi toprak oluşum faktörlerinin etkisi görülmüştür.



Şekil 7. Araştırma alanı ortalama CaCO₃ değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

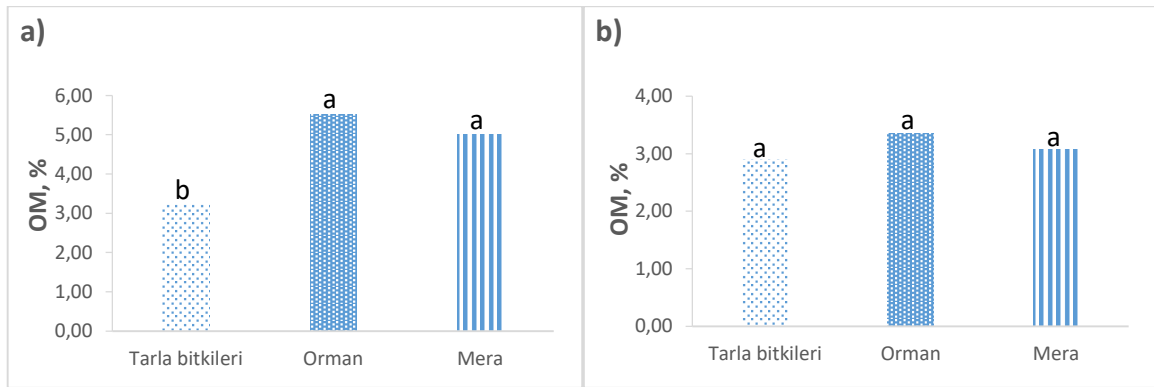
* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P>0.05$)

Figure 7. Variation of average CaCO₃ values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

* There is no difference between the averages shown with the same letters ($P>0.05$)

Toprak organik maddesi; toprakta suya dayanıklı agregat oluşumunun devamlılığının sağlanması ve toprakta suyun tutulmasını artırma gibi etkilere sahip olan, arazi yüzeyinin erozyona karşı dayanıklılığını etkileyen temel bir özelliktir. Araştırma sonuçlarına göre; yüzey toprağında çalışma alanları arasında en yüksek ortalama organik madde içeriği orman alanında belirlenmiştir (%5.53). Bu alanı ortalama %5.04 organik madde içeriğine sahip mera alanı ve %3.23 değeri ile tarla bitkileri alanı izlemiştir (Çizelge 1). Yüzey altı derinlikte derinliğe bağlı olarak OM değerleri düşmüş,

en düşük ortalama OM değeri (%2.72) tarla bitkileri alanında belirlenmiştir (Çizelge 2). Çalışmadan elde edilen veriler, bitki örtüsünün daha yoğun olduğu mera ve orman arazilerinde ortalama organik madde miktarının sürekli ve yoğun şekilde işlenen tarla bitkileri alanlarından daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca temel sebepleri; toprak işleme faaliyetlerinin ortamdaki organik maddenin daha hızlı ayrışmasına neden olması (Dignac ve ark., 2017) ve toprak işlemenin yapıldığı alanlarda yüzeyin erozyona duyarlı hale gelmesinden dolayı toprakların taşınması gösterilmektedir (Bayer ve ark., 2006). Çelik (2005) farklı arazi kullanımının toprağın bazı özelliklerine etkisini değerlendirdiği çalışmada, orman ve mera arazilerindeki organik madde içeriğinin birbirine yakın olduğunu ifade etmiştir. Madenoğlu ve Erpul (2018) farklı arazi kullanımlarında toprak erozyon duyarlılığını belirlediği çalışmada; araştırma alanları arasında en fazla ortalama organik madde içeriğini %2.60 ile mera arazilerinde belirlemişlerdir. Bu alanı, ortalama %1.92 ile organik madde içeriğine sahip alüviyal tarım alanı ve %1.81 oran ile kolüviyal tarım alanının izlediğini bildirmiştir. Alanların OM içerikleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Tukey analizi sonuçlarına göre ise; yüzeyde mera ve orman alanları arasında fark yok iken, tarla bitkileri alanı ile bu alanlar arasında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur. Yüzey altı topraklarda arazi kullanımları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($P < 0.05$) (Çizelge 8). Benzer şekilde yapılan çalışma sonuçlarında tarım yapılan alanlardaki organik madde içeriğinin, orman alanlarından daha düşük olduğu bildirilmiştir (Yüksek ve ark., 2009 ; Mohawesh ve ark., 2015).



Şekil 8. Araştırma alanı ortalama OM değerlerinin arazi kullanımı/arazi örtüsüne göre değişimi (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur ($P > 0.05$)

Figure 8. Variation of average OM values in the research area according to land use/land cover (a) 0-20 cm; (b) 20-40 cm

* There is no difference between the averages shown with the same letters ($P > 0.05$)

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada üzerinde farklı arazi örtüsü ve arazi kullanım türleri bulunan (tarla bitkileri, orman ve mera) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları; arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimlerinin toprakların yüzeyde hacim ağırlığı, pH, organik madde ve agregat stabilitesi özelliklerini istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilediğini; kil, silt, CaCO_3 içeriği ve EC özelliklerini ise önemli düzeyde değiştirmediğini göstermiştir. Çalışma sonuçları, farklı arazi kullanımlarının toprak özelliklerinden özellikle toprak organik maddesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. İşlemeli tarımın yapıldığı tarla bitkileri yetiştirilen alanlardaki organik maddenin azlığı bunu desteklemektedir. Ayrıca, çalışma sonuçlarından bitki örtüsünün daha yoğun olduğu, çoğunlukla doğal yapının korunduğu mera ve orman alanlarının daha yüksek agregat stabilitesi ve organik madde değerlerine sahip olduğu, hacim ağırlığı değerlerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Verimli arazilerin olduğu alüviyal tarım alanlarında fiziksel yapının bozulmasının sonucu olarak, agregat stabilitesi ve organik maddenin düşük, hacim ağırlığı değerlerinin ise yüksek değerler aldığı görülmüştür. Araştırma sonuçlarından arazilerin yeteneklerine göre kullanılmaları ile toprakların özelliklerinin olumlu olacağı anlaşılmaktadır.

Teşekkür

TAGEM başta olmak üzere Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abakay, O., Günel, H., 2023. Ergani Ovasında bazı toprak özelliklerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde lokal polinomal interpolasyon ve deneysel bayesyen kriging yöntemlerinin karşılaştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*. 8(4): 654-668.
- Agnesse, C., Bagarello, V., Baiamonte, G., Iovino, M., 2011. Comparing physical quality of forest and pasture soils in a sicilian watershed. *Soil Science Society of America Journal*. 75 (5): 1958-1970.
- Anonim, 2024a. https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1l%C4%B1mak_Deltas%C4%B1, (Erişim tarihi: Eylül, 2024).
- Anonim, 2024b. Toprak agregat stabilitesi. https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_aggregate_stability (Erişim tarihi: Eylül, 2024).
- Anonymous., 1982. *Methods of soil analysis* (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.
- Bakırcıoğlu, D., 2009. Toprakta makro ve mikro element tayini. Trakya Üniv Fen Bil.Enst, Kimya Ana Bilim Dalı. Edirne, Doktora Tezi.148s.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Pavinato, A., Dieckow, J., 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil and tillage research*. 86 (2): 237-245.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk Density. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph, No: 9. Madison, Wisconsin USA, pp. 363–375.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils", *Agronomy Journal*, 43, 9.
- Biro, K., Pradhan, B., Buchroithner, M., Makeschin, F., 2013. Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. *Land Degradation and Development*, 24(1): 90-102.
- Çelik, I., 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research*. 83(2): 270–277.
- Dengiz, O., 2010. Morphology. physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the south-east Anatolia region of Turkey. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 16 (3): 205-212.
- Dignac, M.F., Derrien, D., Barré, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., Freschet, G.T., Garnier, P., Guenet, B., Hedde, M., Klumpp, K., Lashermes, G., Maron, P.A., Nunan, N., Roumet, C., Doelsch, I.B., 2017. Increasing soil carbon storage: mechanisms. effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for sustainable development*. 37(2): 14.
- Emadi, M., Baghernejad, M., Fathi, H., Saffari, M., 2009. Effect of Land use change on selected soil physical and chemical properties in North Highlands of Iran". *Journal of Applied Sciences*. 8: 496-502.
- Eraslan, S., İmamoğlu, A., Coşkun, A., Saygın, F., Dengiz, O., 2016. İnebolu Havzası topraklarının erozyon duyarlılıklarını belirlenmesinde agregat ve strüktür stabilite durumları, arazi örtüsü ile olan ilişkileri. *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 779-794. 13-14 Ekim, Ankara.
- Gümüş, İ., Şeker, C., Negiş, H., Özyatkin, H. H., Karaarslan, E., Çetin, Ü., 2016. Buğday ekili alanlarda agregat stabilitesine etki eden faktörlerin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5: 236-242.
- Günel, E., Acir, N., Günel, H., 2020. Orta Karadeniz bölgesinde tütün ekim alanlarının karbon depolama potansiyeli ve bitki beslenme durumlarının mesafeye bağlı değişkenliği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 6(2): 68-81.
- Kaur, R., Bhat, Z.A., 2017. Effect of different agricultural land use systems on physico-chemical properties of soil in Sub-Mountainous Districts of Punjab. North-West India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(3): 226-233.
- Kay, B.D., Dexter, A.R., 1990. Influence of aggregate diameter. surface area and antecedent water content on the dispersibility of clay. *Can. J. Soil Sci.* 70: 655- 671.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A.(Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical Analysis*. SSSA, Madison, WI, pp.425–442.
- Korkanç, S.Y., Aksoy, E., Altunköse, S., 2018. Niğde Akkaya barajı havzasında arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 7(1): 34-45.
- Macit, H.B., Oguz, İ., Koçyiğit, R., 2021. Arazi kullanım türü değişikliklerinin toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisinin araştırılması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1): 141-147.
- Madenoglu, S., Erpul, G., 2018. Yarı kurak bölgelerde farklı arazi kullanımlarında toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi. *Ankara Üniv Ziraat Fakültesi Dergisi* . 484-493.

- Mohawesh, Y., Taimah, A., Ziadat, F., 2015. Effects of land use changes and soil conservation intervention on soil properties As Indicators for Land Degradation under a Mediterranean Climate. *Solid Earth*. 6: 857–868.
- Nelson, D.A., Sommers, L., 1983. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 9:539-579.
- Oğuz, İ., Acar, M., 2011. Tokat Kazova koşullarında farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 28 (2): 171-178.
- Özdemir, N., Öztürk, E., Kop Durmuş, Ö.T., Ekberli, İ., 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian J Soil Sci*. 4 (4): 266-271.
- Öztürkmen, A. R., Ramazanoğlu, E., Çelik, A., Arslan, M., 2021. Adıyaman İli'nde farklı arazi kullanımlarının bazı toprak özelliklerine etkileri. *European Journal of Science and Technology*. (25): 594-600.
- Pacci, S., Dengiz, O., Saygın, F., Alaboz, P., 2022. SMAF modeline göre çeltik tarımı yapılan Bafra Ovası arazilerinin toprak kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 9(2): 164-174.
- Peker Ertaş A., Dengiz, O., 2024 . Bafra Delta Ovası sol sahil alüvyial arazilerde yetiştirilen lahana bitkisinin bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri, besin element içerikleri ve konumsal dağılımları. *Journal of Soil Science & Plant Nutrition/Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 12 (1).
- Saha, R., Mishra, V.K., Khan, S.K., 2011. Soil erodibility characteristics under modified land-use systems as against shifting cultivation in hilly ecosystems of Meghalaya. India. *Journal of Sustainable Forestry*. 30 (4): 301-312.
- Saygın, F., Dengiz, O., İç, S., İmamoğlu, A., 2019. Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 20 (1):82-91.
- Schulp, C.J., Veldkamp, A., 2008. Long-term landscape–land use interactions as explaining factor for soil organic matter variability in Dutch agricultural landscapes. *Geoderma*. 146 (3-4): 457-465.
- Sinoga, J.D.R., Pariente, S., Diaz, A.R., Murillo, J.F.M., 2012. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). *Catena*. 94: 17–25.
- Soil Survey Staff., 1993. Soil survey manual. united states department of agriculture, handbook no.18.
- Taşan, S., 2018. Bafra ovası sağ sahil topraklarının sulama açısından bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimin modeller ile tahmini. OMÜ Fen Bil. Enst, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun, Doktora Tezi. 346s.
- Taşan, S., Demir, Y., 2019. Toprakların tuzluluk ve sodikliliğinin alansal ve zamansal değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Bafra Ovası örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 34 (3): 336-350.
- Tokel, E., 2021. Farklı arazi kullanımlarının toprakların bazı hidro-fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması. Bartın Üniv.Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 52s.
- Tunçay, T., Dengiz, O., 2017. Yarı nemli ılıman iklim koşullarında farklı eğim ve farklı arazi örtüsü altında toprak gelişimi ve agregat stabilitesi değişimi. *Toprak Su Dergisi*. 6(1): 36-43.
- Yüksek, T., Göl, C., Yüksek, F., Yüksel, E.E., 2009. The effects of land-use changes on soil properties: The conversion of alder coppice to tea plantations in the humid Northern Blacksea Region. *African Journal of Agricultural Research*. 4 (7): 665-674.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z., Öktüren, F., 2005. Toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19 (36): 78-86.
- Wilding, L.G., 1985. Soil spatial variability: its documentation. accomodation and implication to soil surveys. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds.). *Soil Spatial Variability Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSA. Las Vegas PUDOC. Wageningen*. 30 November-1 December 1984. pp. 166-187.
- Zaher, H., Sabir, M., Benjelloun, H., Paul-Igor, H., 2020. Effect of forest land use change on carbohydrates, physical soil quality and carbon stocks in Moroccan cedar area. *Journal of environmental management*, 254, 109544.
- Zhaoyong, Z., Abuduwaili, J., Yimit, H., 2014. The occurrence, sources and spatial characteristics of soil salt and assessment of soil salinization risk in Yanqi Basin, Northwest China. *PLoS ONE*, 9(9), e106079.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

ICONA Modeli ile Biga Yarımadası Güneybatı Bölümünün Erozyon Risk Değerlendirmesi

Timuçin Everest^{1*}  Ali Sungur²  Hasan Özcan² 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, 17800, Lapseki, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 17020, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: timucineverest@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.02.2025

Kabul Tarihi: 20.04.2025

Öz

Erozyon, arazi kaynakları üzerinde küresel ölçekte bir tehlike oluşturan bir degradasyon unsurudur. Bu çalışma Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Biga yarımadasının güneybatı bölümünü oluşturan arazilerde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada erozyon risk durumu belirlemek için ICONA (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza) modeli kullanılmıştır. ICONA modelinde; eğim, jeoloji, arazi örtüsü ve vejetasyon yoğunluğu verileri bir sistematik içinde değerlendirilmekte ve sonuç haritaları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında üretilmektedir. Modelde ilk aşamada dijital yükseklik modeli (DEM) kullanılarak eğim sınıfları oluşturulmuştur. Oluşturulan eğim sınıfları model doğrultusunda kategorize edilerek jeolojik birimler ile birleştirilmiş ve çalışma alanının potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Daha sonra toprak koruma haritasını oluşturmak için arazi örtüsü ve vejetasyon yoğunluğu haritaları üretilmiştir. Bu parametreler arazide bulunan farklı arazi kullanım türlerinin model doğrultusunda kategori edilmesi ve arazideki vejetasyonun örtü oranını belirlemede kullanılmıştır. Bu kapsamda Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu (CORINE) 2018 yılı verileri kullanılmıştır. Üretilen potansiyel erozyon haritası ve toprak koruma haritası ICONA modeli doğrultusunda birleştirilerek sonuç ICONA haritası üretilmiştir. Sonuç haritası verilerine göre; çalışma alanı arazilerinin %0.19'unda çok az, %33.32'sinde az, %42.32'sinde orta, %21.82'inde yüksek ve %2.35'inde çok yüksek erozyon riski olduğu ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen bu çalışma ile üretilen veriler doğal kaynakların izlenme, değerlendirme ve yönetimi açısından önemli bilgiler sunabilecek potansiyele sahiptir. İlaveten ICONA yönteminin geniş alanların erozyon riskinin belirlenmesinde faydalı olduğu ve önemli fikirler verdiği gözlemlenmiştir. Bu modelin daha farklı bölgelerde de uygulanması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: ICONA, Erozyon modeli, CBS, Toprak koruma

Erosion Risk Assessment of the Southwestern Part of Biga Peninsula with ICONA Model

Abstract

Erosion is a degradation factor that poses a major threat to land resources on a global scale. This study was carried out in the lands forming the southwestern part of the Biga Peninsula in northwestern Türkiye. ICONA (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza) model was used to determine the erosion risk status in the study. In the ICONA model; slope, geology, land cover and vegetation density data are systematically evaluated and the result maps are produced in geographic information systems (GIS). In the model, firstly slope classes were derived using digital elevation model (DEM). The slope classes were combined with geological units which categorized according to the model and a potential erosion risk map of the study area was produced. Then, land cover and vegetation cover maps were produced to generate the soil protection map. These parameters were used to categorize the different land use types on the land according to the model and to determine the vegetation cover rate on the land. In this context, Coordination of Information on the Environment (CORINE) 2018 data were used. The produced potential erosion map and soil protection map were combined according to the ICONA model and the final ICONA map was produced. According to the result map; it was revealed that 0.19%, 33.32%, 42.32%, 21.82% and 2.35% of the study area lands have very low, low, medium, high and very high erosion risk, respectively. The data produced by this study have the potential to provide significant information for the conservation and management of natural resources. In addition, it has been observed that the ICONA model is

useful in determining the erosion risk of large areas and provides important opinions. It is recommended to apply this model in different regions.

Keywords: ICONA, Erosion modelling, GIS, Soil conservation

Giriş

Erozyon, tarımsal üretimi, gıda güvenliğini, sosyoekonomik gelişimi ve doğal yapıyı tehdit eden çok önemli bir degradasyon unsurudur. Jeolojik erozyon yeryüzünün şekillenmesinde önemli bir etken olurken, insan faaliyetleri sonucu oluşan hızlandırılmış erozyon ekosistem için çok önemli bir sorun olmaktadır.

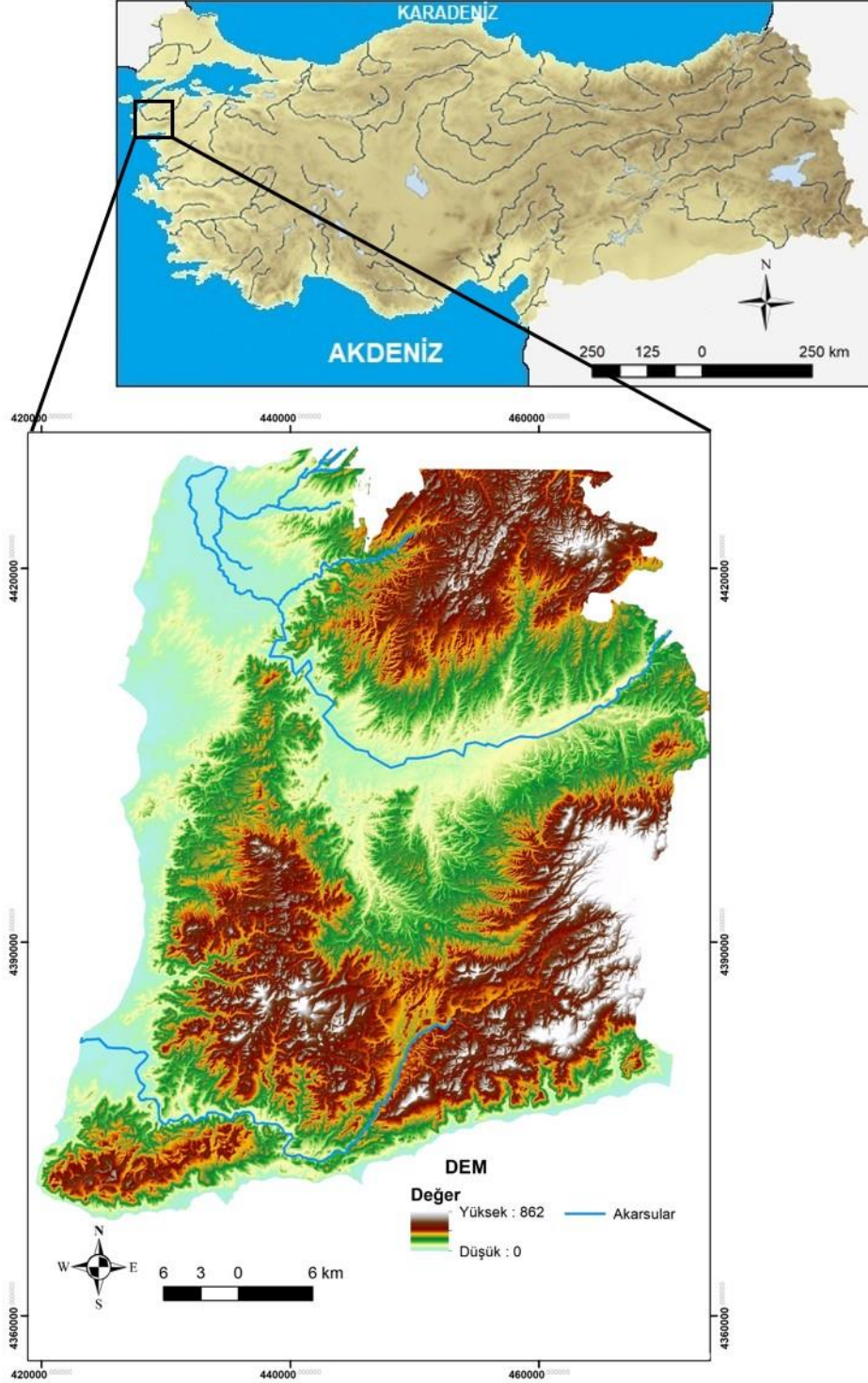
Erozyon genellikle organik madde ve besin maddeleri yönünden daha zengin olan üst toprağın taşınması ile meydana geldiği için toprak kalitesini, verimliliğini ve dolayısıyla tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir (García-Ruiz ve ark, 2015; Parlak ve ark, 2022). Benzer şekilde; erozyon toprakların potansiyel kullanımını azaltmakla birlikte, ekolojik dengeyi bozmakta, sel ve heyelan gibi afet risklerini tetiklemekte, biyolojik çeşitlilikte azalmalara neden olmakta, toprak nemini etkilemekte, arazi kullanım türü ve örtüsünün direkt ve dolaylı olarak değişimine neden olmakta ve sorunların kronikleştiği durumlarda ise tarımsal etkinlik sona ermektedir (FAO, 2020). Diğer taraftan erozyonla oluşan toprak kaybı, toprak oluşum hızından çok daha yüksektir (Verheijen ve ark, 2009). Ülkemizde de toprak kaybının, toprak oluşumunun hızından yaklaşık 48 kat fazla olduğu değerlendirilmektedir (Erpul ve Saygın, 2012). Türkiye'nin jeomorfolojik özellikleri, arazi kullanımında meydana gelen değişimler, amenajman yöntemleri, iklimsel özellikler ve yağış rejimi erozyonun meydana gelmesinde çok etkindirler. Bayramin ve ark (2003)'ün bildirdiğine göre Türkiye'de ki arazilerin % 58.7' sinde şiddetli ve çok şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Erozyon durumunu belirlemek, havza koruma ve amenajman uygulamaları açısından önemlidir. Bu bağlamda farklı araştırmacılar erozyonun durumunun farklı erozyon tahmin modelleri kullanılarak incelenmesinin gerekli olduğunu vurgulamışlardır (Özsoy ve ark, 2012; Celilov ve Dengiz, 2019; Erdem ve Türkmen, 2020). Günümüzde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerinin sunduğu imkanlar ile geniş alanlar üzerinde mekânsal analizler yapmak çok kullanışlı hale gelmiştir. Panagos ve ark (2015) CBS teknolojisi ile oluşturulan erozyon modellerinin, toprak amenajman ve koruma stratejilerinin tasarımı ve uygulanmasında giderek daha önemli bir rol oynadığını bildirmiştir. Ülkemizde farklı erozyon tahmin modelleri ve CBS teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu modeller yaygın olarak CORINE, RUSLE, LEAM, MEDALUS ve PESERA gibi yöntemlerdir (Yalçın ve Baran, 2016; Everest ve Özcan, 2017; İmamoğlu ve Dengiz, 2017; Başkan ve ark, 2010; Özşahin, 2014; Kanar ve Dengiz, 2015; Everest ve ark, 2020; Budak ve ark, 2018; Uzuner ve Dengiz, 2020; Berberoğlu ve ark, 2020). Ayrıca, İspanya Ulusal Doğa Koruma Enstitüsü (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, ICONA) tarafından geliştirilen ICONA modeli de bir erozyon tahmininde kullanılmaktadır. Bu model, nitel karar kurallarını kullanan ve dört ana girdinin (eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve vejetasyon örtüsü) birlikte yapılandırmasını benimseyen, Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde kullanılan bir erozyon riski değerlendirme yöntemidir (Okou ve ark. 2016; Gholzom ve ark, 2022). Literatür incelendiğinde Türkiye'de ICONA modeli kullanılarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Bayramin ve ark, 2003; Dengiz ve ark, 2014; Gündüzoğlu, 2019; Ediş ve ark, 2021; Bilgiç ve Er, 2025). Bununla birlikte jeolojik ve jeomorfolojik değişkenliklerin çok fazla olduğu önemli tarımsal potansiyele sahip Biga yarımadasında gibi alanlarda ICONA modelinin ülkemiz koşullarında uygulanmadığı görülmüştür. Bu amaçla, Biga Yarımadası'nın güneybatı bölümünde bulunan arazilerin ICONA modeli kullanılarak erozyona duyarlılık düzeylerinin belirlenmesi ve tematik haritalarının oluşturulması önerilen çalışmanın temel gerekçesi olmuştur.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışma, Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan Biga yarımadasının güneybatı bölümünde yürütülmüştür. Çalışma alanı 39°27'08" - 40°00'36" kuzey enlemleri ve 26°08'24" - 27°00'36" doğu boylamları arasında yer almakta ve 277456 ha alanı kaplamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir iklimine (Marmara geçiş iklimi) sahiptir. Çalışma alanının en düşük noktası deniz seviyesinde (0 m) olup en yüksek seviyesi ise (862 m)'dir. Çalışma alanındaki en genç jeolojik birimler Kuvaterner'de oluşmuş alüvyonlar, neojen yaşlı volkanizma ürünleridir. Tersiyer'de oluşmuş kırıntılı ve karbonatlı sedimenterler çalışma alanının en yoğun birimlerini oluşturmaktadır.

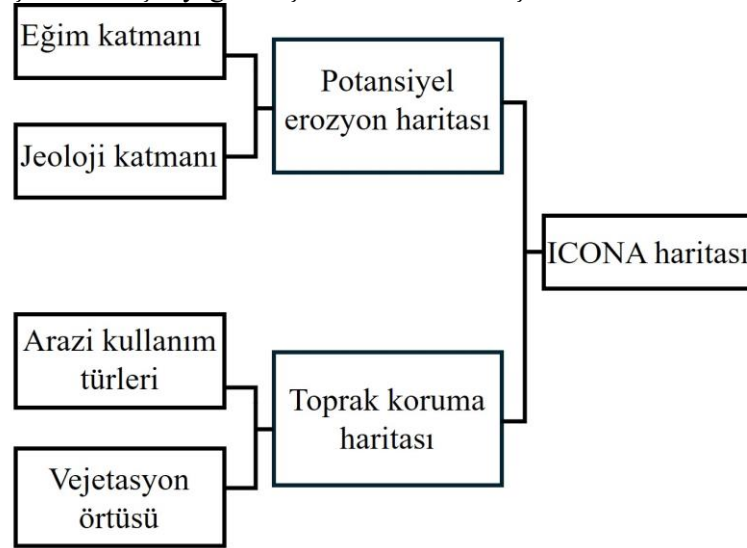
Diğer bir birim ise Mesozoik'te oluşmuş kalker, kil taşı ve şistlerdir. Çalışma alanının en yaşlı birimlerini ise Paleozoik'de oluşmuş gnays, şist ve kristalin kireçtaşlarıdır (Anonim, 1987; Ekinci ve ark 2023). ICONA erozyon tahmin modelinde eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve bu kullanımlara ait vejetasyonun örtü oranları kullanılmaktadır. Bu kapsamda eğim sınıfları 10 metre çözünürlüklü (DEM) haritasından üretilmiştir, arazi örtüsünü ve vejetasyon yoğunluğunu değerlendirmek için CORINE (2018) verileri ve jeolojik katmanın oluşturulması için ise 1/25.000 ölçekli sayısal jeoloji haritaları kullanılmıştır. Kartografik materyaller ArcGIS 10.4 programında değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area

Yöntem

Çalışmanın akış diyagramı Şekil 2’de verilmiştir. ICONA (1997)’nin öngördüğü prensiplere göre ICONA erozyon tahminleme modelinde farklı kartografik materyaller ve katmanlar birlikte değerlendirilmektedir. Bu katmanlardan ilki eğim katmanıdır. Eğim katmanı DEM haritası kullanılarak üretilmiştir. Eğim sınıflamasında her bir sınıfa 1’den 5’e kadar kodlar atanmıştır. Düz ve düze yakın araziler “1” ile temsil edilirken %35’in üzerindeki alanlar için “5” kod değeri atanmıştır (Çizelge 1). Daha sonra ise jeoloji katmanı oluşturulmuştur. Bunun için 1/25000 ölçekli sayısal jeolojik harita paftaları ArcGIS ortamında aktarılmıştır. Bu işlemde çalışma alanında bulunan jeolojik birimler ICONA esaslarına göre yeniden sınıflandırılmış ve yeni gruplar oluşturulmuştur (Çizelge 2). Oluşturulan bu iki katman yöntem doğrultusunda birlikte değerlendirilmiş ve çalışma alanının potansiyel erozyon haritası oluşturulmuştur. Bir sonraki adımda ise arazi örtüsü ve vejetasyon yoğunluğu katmanları oluşturulmuştur. Bu işlem için CORINE (2018) verileri kullanılmıştır. Bu veriler hem arazi örtüsü, hem de örtü yoğunluğunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bir sonraki adımda ise bu iki katman birlikte değerlendirilerek birleştirilmiş ve toprak koruma haritası oluşturulmuştur. Sonuç aşamasında ise potansiyel erozyon haritası ve toprak koruma haritası birlikte değerlendirilerek ve birleştirilerek ICONA sonuç haritası oluşturulmuştur. ICONA’ya göre erozyonun düzeyi 1’den 5’e kadar farklı kod numaraları ile ifade edilmiştir. “1” çok az erozyon riskini gösteren kod iken “5” ise en yüksek erozyon riskini karşılayan koddur. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. ICONA modeli akış diyagramı
Figure 2. Flow diagram of ICONA model

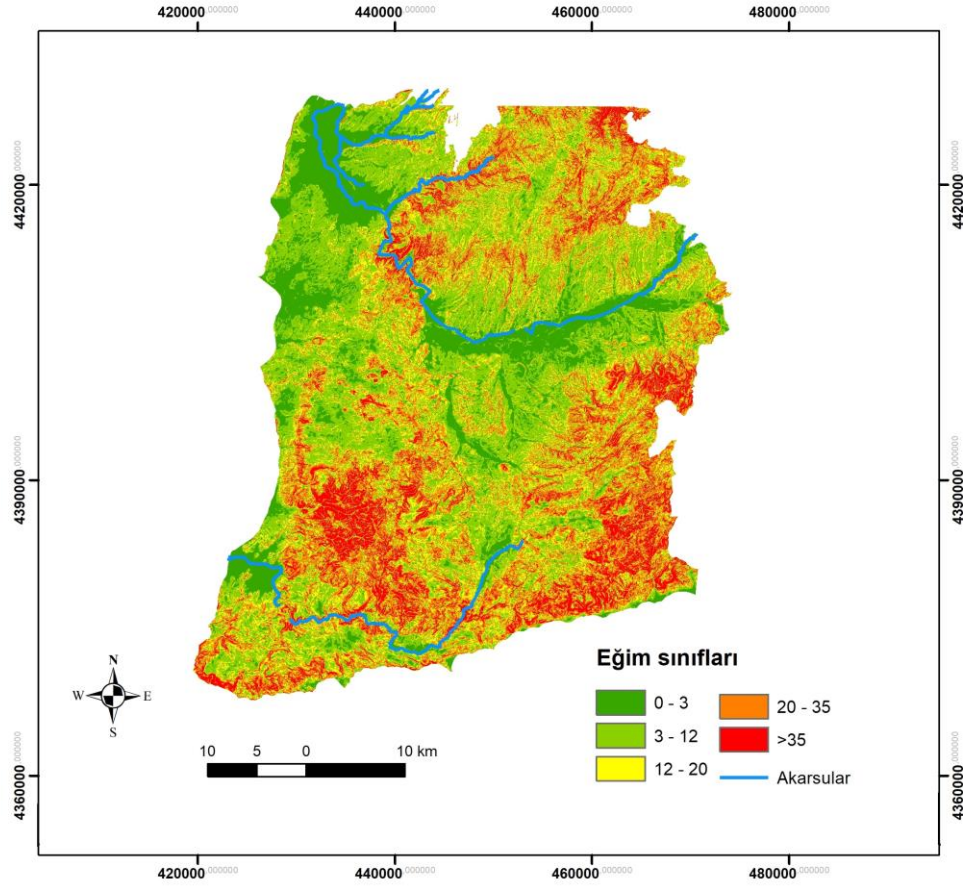
Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanının eğim sınıfları DEM haritası kullanılarak üretilmiştir. ICONA yöntemine göre eğim beş sınıfta kategorize edilmiştir (Çizelge 1). Eğim sınıflamasına göre arazilerin %15.03’ü düz ve hafif, 33.87’si orta, 19.17’si dik, 21.52’si çok dik eğimlidir. Eğim derecesi arttıkça erozyonunda şiddeti artmaktadır (Kelley, 1990). Düz ve düze yakın araziler genellikle vadi tabanları ve taşkın düzlüklerinin olduğu bölümlerde yaygın olup eğimli ve dik araziler ise dağlık ve yamaç alanlardadır (Şekil 3).

Çizelge 1. Çalışma alanı eğim sınıfları ve dağılımları
Table 1. Slope classes and distributions in the study area

Tanımlama	Kod	Sınıf (%)	Alan (ha)	%
Düz ve hafif	1	0 - 3	41701,63	15.03
Orta	2	3 - 12	93974,35	33.87
Dik	3	12 - 20	53188,32	19.17
Çok dik	4	20 - 35	59708,53	21.52
Aşırı	5	35 <	28883,17	10.41
Toplam			277456	100

Eğim sınıfları elde edildikten jeoloji haritasının değerlendirme işlemine geçilmiştir. Yöntem doğrultusunda yapılan sınıflamalar ve kodlamalar doğrultusunda jeolojik birimlerin değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 3. Çalışma alanı eğim sınıfları
Figure 3. Slope classes of study area

Çizelge 2. Jeolojik birimlerin yöntem doğrultusunda yeniden sınıflandırılması ve dağılımları

Table 2. Reclassification and distribution of geological units according to the method

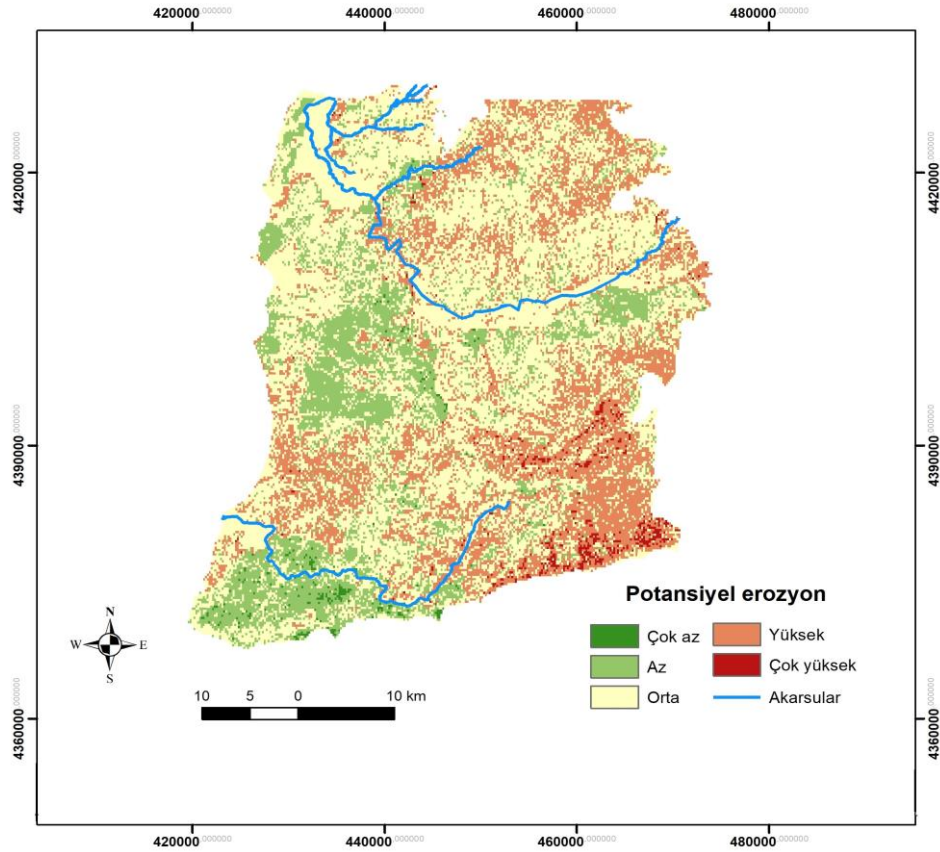
Jeolojik birimler	Alan (ha)	%
1 (a) Ayırışmamış kompakt kayaç, kuvvetli çimentolanmış konglomera sert tabakalar (masif, kireçtaşı, yoğun taşlı topraklar, magmatik veya volkanik kayaçlar)	30336.77	13.34
2 (b) Kırıklı ve/veya orta derecede ayırışmış kohezyonlu kayaçlar veya topraklar	43208.04	19.00
3 (c) Hafif ila orta derecede sıkışmış tortul kayaçlar (şist, kilitaşı, sıkışmış marnlar vb.) ve topraklar	107480.7	47.25
4 (d) Yumuşak, düşük dirençli veya kuvvetli/derin ayırışmış kayaçlar (marn, kilitaşı şistler vb.) veya topraklar	16219.29	7.13
5 (e) Gevşek, kohezyonsuz sedimentler/topraklar ve detritik malzeme	30211.22	13.28
Toplam	27746	100

Yeniden sınıflandırılan jeolojik birimler Çizelge 3’te verilen matrise göre eğim haritası ile birleştirilmiş ve alanın potansiyel erozyon haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).

Çizelge 3. Potansiyel erozyon haritası matrisi (eğim & jeolojik birimler)

Table 3. Potential erosion map matrix (slope & geological units)

Eğim sınıfı	Jeolojik birimler				
	1 (a)	2 (b)	3 (c)	4 (d)	5 (e)
1	1	1	1	1	2
2	1	1	2	3	3
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	4	4	5	5	5



Şekil 4. Potansiyel erozyon haritası

Figure 4. Potential erosion map

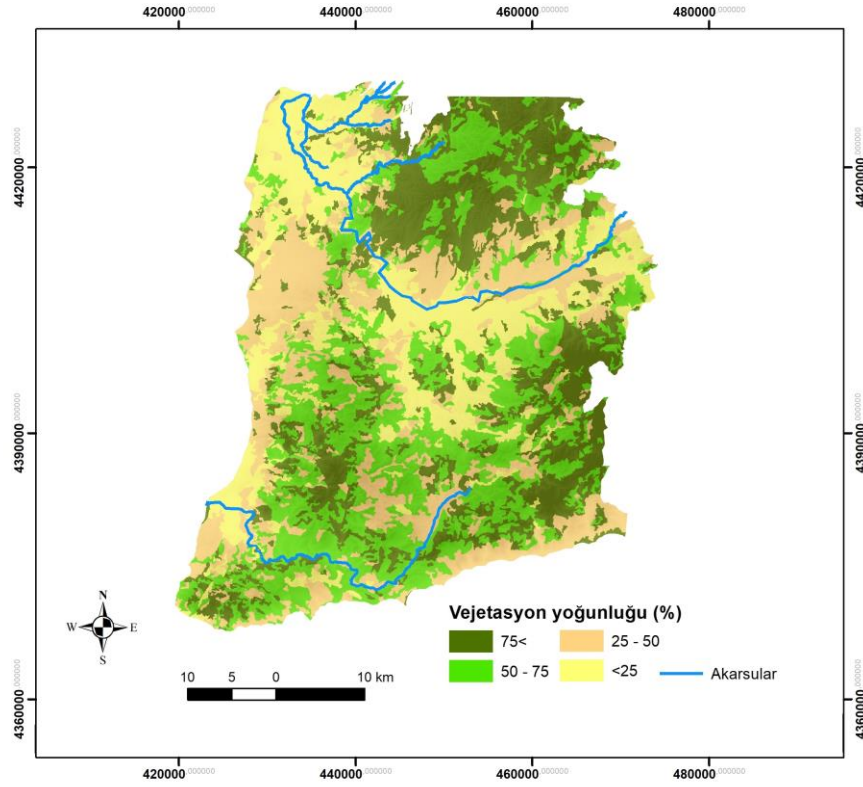
Potansiyel erozyon haritası sonuçlarına göre çalışma alanının yaklaşık %18.63'ünde az ve çok az düzeyde, %54.31'inde orta düzeyde ve 27.06'sında ise yüksek ve çok yüksek düzeyde potansiyel erozyon riski bulunmaktadır (Çizelge 4). Çalışma alanının kuzeydoğu ve güneydoğu yönlerinde yer alan araziler, eğim derecelerinin yüksek olması ve ayrışmaya karşı dayanımı göreceli olarak daha düşük olan sedimenter kayaların varlığı nedeniyle potansiyel erozyon riski yüksek alanlardır.

Çizelge 4. Çalışma alanı potansiyel erozyon riski

Table 4. Potential erosion risk in study area

Erozyon düzeyi	Alan (ha)	%
Çok az	1232.53	0.54
Az	41148.03	18.09
Orta	123523.14	54.31
Yüksek	58915.12	25.90
Çok yüksek	2637.16	1.16
Toplam	227456	100

ICONA modeli doğrultusunda arazi kullanım türleri ve arazide bulunan vejetasyonun yoğunluğu toprak koruma haritasının üretilmesinde kullanılan iki temel bileşendir. Arazi kullanım türleri ve vejetasyonun değerlendirilmesi için CORINE 2018 verilerinden faydalanılmıştır. Vejetasyon örtüsünün erozyonunun şiddetini azaltmakta önemli katkıları vardır. Arazi örtüsünün iyi bir kapallık sergilediği ekosistemlerde vejetasyon koruyucu bir vazife görür (Özsoy 2007; Gündüzoğlu 2019). Çizelge 5’de çalışma alanı arazilerinin vejetasyon yoğunluğu verilmiştir. Yapılan analizlere göre çalışma alanının yarıdan biraz fazlasının (%53.34)’ünün %25’ten az ve %25-50 arasında kapallığa sahip olduğu görülmüştür (Şekil 5). Genel bir ifade ile çalışma alanı arazilerinin kapallık/örtülülük oranı çok yoğun düzeyde değildir (Çizelge 5).

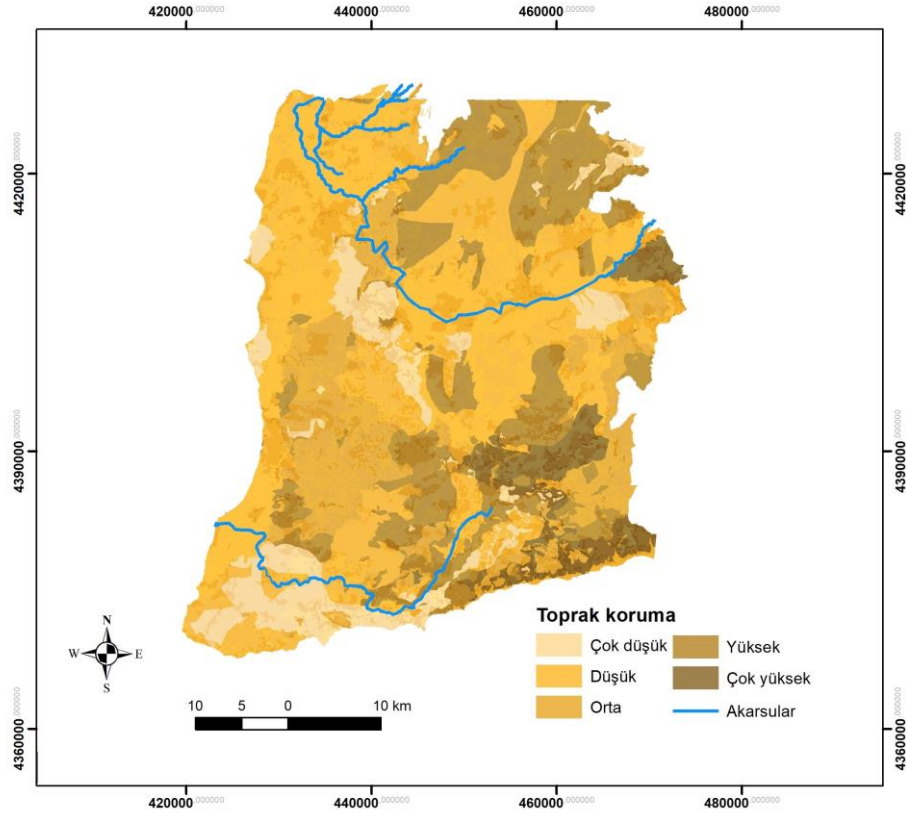


Şekil 5. Vejetasyon yoğunluğu haritası
Figure 5. Vegetation density map

Çizelge 5. Çalışma alanı vejetasyon yoğunluğu
Table 5. Vegetation density in the study area

Vejetasyon yoğunluğu (%)	Alan (ha)	%
< 25	65898.57	28.97
25 - 50	55431.21	24.37
50 - 75	79287.47	34.86
> 75	26838.75	11.80

Arazi kullanım türleri ve bu kullanım türlerine ait vejetasyonun yoğunluğu birlikte değerlendirilerek birleştirilmiş ve çalışma alanının toprak koruma haritası oluşturulmuştur. Şekil 6’da toprak koruma haritası ve bu haritaya ait sınıflar sunulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanı toprak koruma haritası

Figure 6. Soil protection map of study area

Toprak koruma haritası verileri incelendiğinde özellikle orman örtüsünün kuvvetli olduğu alanlar sağladığı güçlü kapalılık sayesinde yüksek koruma sağlamaktadır. Aksine açık arazilerin, degradasyona uğramış alanların, tarım ve mera arazilerinin bulunduğu bölümlerde zayıf örtü nedeni ile düşük koruma sağlamaktadır. Yapılan farklı çalışmalar da bu görüşü desteklenmektedir (Bayramin ve ark, 2013; Dengiz ve ark, 2014; Bilgiç ve Er, 2025).

Potansiyel erozyon haritası ve toprak koruma haritasına ait sınıflar Çizelge 6'da verilen matris eşleştirmeleri ile yeniden sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda üretilen harita ile çalışma alanı ICONA erozyon risk haritası üretilmiştir.

Çizelge 6. Çalışma alanı toprak koruma ve potansiyel erozyon risk matrisi

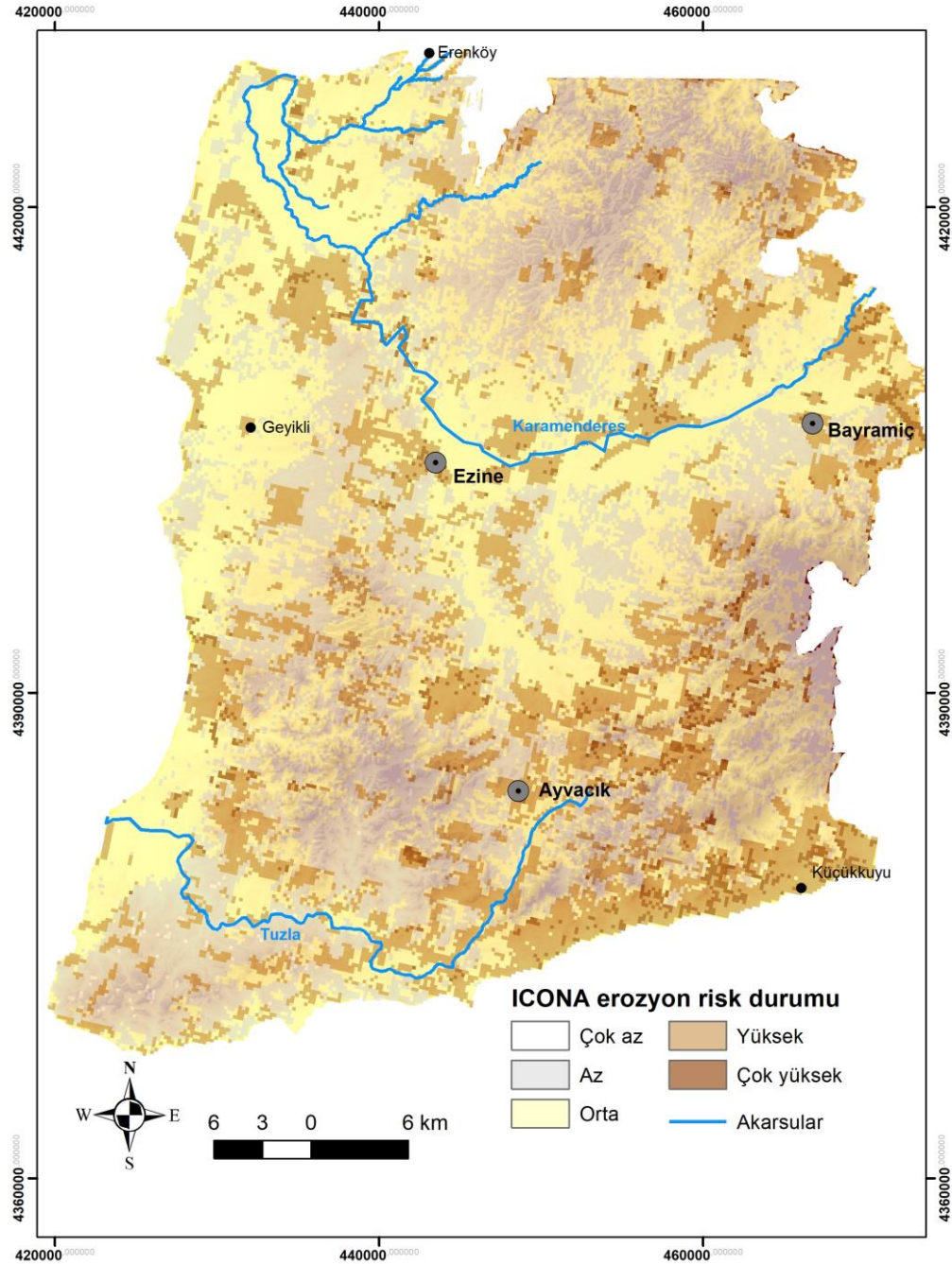
Table 6. Soil protection and potential erosion risk matrix in the study area

		Potansiyel erozyon haritası				
		1	2	3	4	5
Toprak koruma düzeyi	1	1	1	1	2	2
	2	1	1	2	3	4
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	3	5	5
	5	2	3	4	5	5

Çalışma alanı ICONA risk haritasına göre (Şekil 7) çalışma alanı arazilerinin %0,19'unda çok az, %33.32'sinde az, %42.32'sinde orta, %21.82'inde yüksek ve %2.35'inde çok yüksek erozyon riski bulunmaktadır (Çizelge 7). Diğer bir ifadeyle çalışma alanının %24.17'lik bir kesiminde yüksek ve çok yüksek erozyon riski bulunmaktadır. Bu alanlar özellikle yüksek eğimli, bitki örtüsünün zayıf ya da çok zayıf olduğu alanlardır. Biga yarımadasının güneybatı bölümünde gerçekleştirilen bu çalışmanın bulguları literatürde daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (Bayramin ve ark, 2003; Dengiz ve ark, 2014; Gündüzoğlu, 2019; Ediş ve ark, 2021; Bilgiç ve Er, 2025).

Çizelge 7. Çalışma alanı ICONA erozyon risk sınıfları
Table 7. ICONA erosion risk classes in the study area

Tanım	Kod	Alan (ha)	%
Çok az	1	441.29	0.19
Az	2	75795.68	33.32
Orta	3	96251.19	42.32
Yüksek	4	49612.64	21.81
Çok yüksek	5	5355.20	2.35
Toplam		227456	100



Şekil 7. Çalışma alanı ICONA haritası
Figure 7. Study area ICONA map

Sonuç

Erozyon dünyada en önemli degradasyon unsurlarının başında gelmektedir. Ülkemiz ise erozyon yönünden Dünyada en sorunlu ülkeler arasında yer almaktadır. Erozyon durumunun belirlenmesi uygulanacak koruma tedbirleri ve amenajman faaliyetleri ile su depolama alanlarının planlanması ve izlenmesi açısından çok önemlidir. Bu çalışmada eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve vejetasyon yoğunluğunu değerlendirmeye alan ICONA erozyon risk modeli kullanılarak Biga yarımadasının güneybatı bölümündeki arazilerin erozyon risk durumları belirlenmiştir. Çalışma alanının potansiyel erozyon riski çok yüksek düzeydedir. Bu yüksek potansiyel, riskli alanlarda kuvvetli orman örtüsünün olması nedeniyle şuan için gerçek erozyon riskini minimize etmektedir. Buna karşın ICONA erozyon modeline göre çalışma alanının %24.17'sinde yüksek ve çok yüksek erozyon riski bulunmaktadır. Bu alanlar dik yamaçlarda, tepelik ve dağlık alanlarda bulunan vejetasyonun zayıf ve çok zayıf olduğu, bitki örtüsünün tahrip edildiği arazilerdir. Bu alanlar, uygun teknikler doğrultusunda rehabilite edilmeli ve toprak koruma önlemleri en üst düzeyde uygulanmalıdır. Bir diğer önemli sonuçta çalışma alanında bulunan arazilerin %42.32'nin orta düzeyde erozyona maruz kalma durumlarıdır. Bu araziler neredeyse çalışma alanının yarısını kaplamaktadır. Bu orta düzeydeki alanlar için koruma tedbirleri alınmazsa ve gereken önem verilmez ise gelecek dönemlerde yüksek ve çok yüksek düzeyde erozyon riski ile karşı karşıya kalınabilir. ICONA erozyon risk modeli geniş alanların erozyon riskinin belirlenmesinde kullanışlı bir araçtır. Günümüzde kartografik materyallerin kalitesinin artması, bilgisayar ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin ilerlemesi ile farklı metodolojiler kullanılarak çoklu analizler yapmaya imkan sağlamaktadır. Bu çalışmada ICONA modeli değerlendirilmiştir. Ancak bunu takibeden diğer benzer ve farklı coğrafyalarda yapılacak çalışmalarda ICONA modeli ile diğer modeller arasında çoklu korelasyonlar yapılarak bölgesel ve/veya lokal düzeyde ortamın jeolojik-jeomorfolojik özelliklerine en uygun erozyon modelinin belirlenmesi ve tahminlerin yapılması hem literatürel katkı ve hemde uygulamalar açısından çok önemli olacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Anonim, 1987. Türkiye Jeoloji Haritası (İstanbul), Revised by Behçet Akyürek, Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Baskan, O., Cebel, H., Akgul, S., Erpul, G., 2010. Conditional simulation of USLE/RUSLE soil erodibility factor by geostatistics in a Mediterranean Catchment, Turkey. *Environmental Earth Sciences*. 60: 1179-1187.
- Bayramin, I., Dengiz, O., Başkan, O., Parlak, M., 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 27(2): 105-116.
- Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., Donmez, C., 2020. Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental Monitoring and Assessment*. 192(8): 491.
- Bilgiç, S., Er, S., 2025. Malatya ilinde ICONA yöntemi ile CBS ve uzaktan algılama tabanlı erozyon risk analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 14(1): 350-359.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Yıldız, H., Acir, N., Acar, M., 2018. Environmental sensitivity to desertification in northern Mesopotamia; application of modified MEDALUS by using analytical hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*. 11: 1-21.
- Celilov, C., Dengiz, O., 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 6(3): 242-256
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., Doğan, A., 2014. İnebolu Havzası'nın ICONA modeli ile toprak erozyon risk değerlendirmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 29(2): 136-142.
- Ediş, S., Aytas, İ., Özcan, A. U., 2021. ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*. 7(1): 15-22.
- Ekinci, H., Özcan, H., Everest, T., 2023. Çanakkale Toprakları, Çanakkale'nin Stratejik Sektörü Tarım-2, pp. 1-60, Gaziantep: Özgür Yayınları.
- Erpul, G., Deviren Saygın, S., 2012. Ülkemizdeki toprak erozyonu sorunu üzerine: Ne yapılmalı. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 1(1): 26-32.

- Everest, T., Özcan, H., 2017. Dürmek Havzası mansap bölümü erozyon riskinin CORINE yöntemi ile belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(1): 39-47.
- Everest, T., Sungur, A., Özcan, H., 2020. MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 7(1): 120-131.
- FAO, 2020. Global Symposium on Soil Erosion. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO).
- García-Ruiz, J. M., Begueria, S., Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J. C., Lana-Renault, N., Sanjuán, Y., 2015. A meta-analysis of soil erosion rates across the World. Geomorphology. 239: 160-173.
- Gholzom, E. H., Ahmadi, H., Moeini, A., Motamedvaziri, B., 2022. Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using ICONA model and GIS technique. International Journal of Environmental Science and Technology. 19: 3947-3962.
- Gündüzoğlu, G., 2019. Kıyı Ege Bölümü'nde erozyon risk modeli tasarımına coğrafi yaklaşım. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- İmamoglu, 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). Rendiconti Lincei. 28: 11-23.
- Kanar, E., Dengiz, O., 2015. Determination of potential soil erosion using two different parametric models and making of risk maps in Madendere watershed.
- Kelley, H. W., 1990. Keeping the land alive: Soil erosion: its causes and cures, FAO Soils Bulletin, 50, FAO, Rome.
- Okou F, T., Tente, B., Bachmann, Y., Sinsin, B., 2016. Regional erosion risk mapping for decision support: a case study from West Africa. Land Use Policy. 56: 27-37.
- Özsoy, G., 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özsoy, G., Aksoy, E., Dirim, M. S., Tumsavaş, Z. 2012. Determination of soil erosion risk in the Mustafakemalpaşa River Basin, Turkey, using the revised universal soil loss equation, geographic information system, and remote sensing. Environmental Management. 50: 679-694.
- Özşahin, E., 2014. Tekirdağ ilinde CBS tabanlı RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.
- Panagos, P., Borrelli, P., Robinson, D. A., 2015. Tackling soil loss across Europe. Nature. 526(7572): 195-195.
- Parlak, M., Everest, T., Tunçay, T., Caballero-Calvo, A., Rodrigo-Comino, J., 2022. Soil losses due to leek and groundnut root crop harvesting: An unstudied regional problem in Turkey. Land Degradation & Development. 33(11): 1799-1809.
- Türkmen, F., Erdem, M., 2020. Çırçıp Deresi Havzasında RUSLE Modeli ile Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi, Turnasuyu-Ordu. Akademik Ziraat Dergisi. 9(1): 129-136.
- Uzuner, Ç., Dengiz, O., 2020. Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. Ecological Indicators. 114: 106295
- Verheijen, F. G., Jones, R. J., Rickson, R. J., Smith, C. J., 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth-Science Reviews. 94(1-4): 23-38.
- Yalçın, E., Baran, A., 2016. Ankara-Bağlum Köşrelik Göleti Çevresi Erozyon Riskinin CORINE Yöntemi ile Tahminlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 3(2): 159-168.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinin Gıda Güvençesi Göstergelerinin VIKOR Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Ferruh Işın¹  Tayfun Çukur^{2*}  Figen Çukur³ 

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, Muğla, Türkiye

³Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Muğla, Türkiye

*Sorumlu yazar: tayfunc@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: 14.11.2024

Kabul Tarihi: 03.02.2025

Öz

Bu çalışmada bazı Avrupa Birliği ülkelerinin (Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Litvanya, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, İspanya, İsveç) gıda güvençesi düzeylerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmada 2022 yılının verileri kullanılmıştır. Avrupa Birliği ülkelerinin gıda güvençesi düzeylerinin karşılaştırılmasında VIKOR yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmada belirlenen kriterlere göre incelenen ülkeler arasında gıda güvençesi açısından en iyi durumda olan ülkelerin Avusturya, Belçika ve Fransa olduğu belirlenmiştir. Çalışmada incelenen Avrupa Birliği ülkelerinde gıda güvençesi açısından önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Avrupa Birliği ülkelerinin gıda güvençesi düzeylerinin artırılabilmesi ve farklılıkların giderilmesi önemli görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: gıda güvençesi, Avrupa Birliği, VIKOR yöntemi

Assessment of Food Security Indicators of Some European Union Countries Using the VIKOR Method

Abstract

This study aimed to reveal the food security levels of some European Union countries (Austria, Belgium, Bulgaria, Czechia, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Lithuania, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Spain, Sweden). The research used data from 2022. The VIKOR method was used to compare the food security levels of the European Union countries. According to the criteria determined in the research, it was determined that the countries with the best situation in terms of food security among the examined countries were Austria, Belgium and France. It has been determined that there are significant differences in terms of food security in the European Union countries examined in the research. Therefore, it is considered important to increase the food security levels of the European Union countries and to eliminate the differences.

Keywords: food security, European Union, VIKOR method

Giriş

Dünya nüfusu artmaya devam ettikçe, tarımsal üretimi sürdürülebilir şekilde artırmak, açlık ve yetersiz beslenme sorunu olan herkesin besleyici gıdaya erişimini sağlamak için çok daha fazla çaba ve inovasyona ihtiyaç duyulacaktır (Anonim, 2024a).

Sağlıklı ve temiz gıdaya ulaşım bugün bütün dünyanın en önemli konuları arasında yer almaktadır. 2021 yılında dünyada yaklaşık 2,3 milyar insan orta veya şiddetli düzeyde gıda güvençesizliği ile karşı karşıya kalmıştır, bu rakam küresel nüfusun yaklaşık %30'una denk gelmektedir. 2030 yılında yaklaşık 670 milyon insanın hala yetersiz besleneceği tahmin edilmektedir (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2022).

Son veriler, iki milyardan fazla insanın güvenli, besleyici ve yeterli gıdaya düzenli erişiminin olmadığını ve tahmini 821 milyon insanın asgari diyet enerjisi gereksinimlerini karşılayacak kadar gıda edinemediğini göstermektedir. İkinci Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi, 2030 yılına

kadar açlığı ve her türlü yetersiz beslenmeyi ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır, ancak açlık on yıllar süren düşüştü sonra yavaş yavaş artmaktadır (Alle et al., 2021).

1996 Dünya Zirvesine göre gıda güvencesi, tüm insanların her zaman aktif ve sağlıklı bir yaşam için beslenme ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayan yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik olarak erişebilmesi olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2024b). Bu tanım daha sonra FAO tarafından besin değeri ve gıda tercihlerini de içerecek şekilde genişletilmiştir. Dolayısıyla 1996'daki Dünya Gıda Zirvesi'nde kabul edilen tanım, gıda güvenliğinin, tüm insanların her zaman, sağlıklı ve aktif bir yaşam için beslenme ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılamak üzere yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik erişime sahip olması durumunda var olduğudur. "Güvenli ve besleyici" ifadesinin eklenmesi gıda güvenliğini ve besin bileşimini vurgularken, "gıda tercihleri" ifadesinin eklenmesi gıda güvenliği kavramını yalnızca yeterli gıdaya erişimden, tercih edilen gıdaya erişime değiştirmiştir (Pinstup-Andersen, 2009). Gıda güvencesi ve gıda güvenliği tüm ülkelerde son dönemde öncelikli konular içinde yer almaktadır. Gıda güvencesi kavramına özellikle sağlıklı ve güvenilir gıdanın tüketiciye ulaştırılması ifadelerinin de eklenmesiyle, gıda güvenliği gıda güvencesinin bir koşulu olmaktadır (Koç ve Uzmay, 2015).

İklim değişikliği, küresel ısınma, toprak, su ve diğer tarımsal kaynakların kıtlığı, tarımsal nüfus azalırken toplam nüfusun artışı, yoğun kentleşme, pazarların ve ticaretin artan kırılganlığı, kırsal alanlarda yoksulluk sorunu, gıda güvencesi kavramını daha da önemli kılmaktadır. Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun başlangıcından bu yana, Roma Antlaşması'nın 39. maddesi, gıda güvencesini sağlamayı Ortak Tarım Politikasının amaç ve hedeflerinden biri olarak açıkça anayasallaştırmıştır. Bugün hala, Avrupa Birliği'nin İşleyişine İlişkin Antlaşma'nın 39. maddesi, AB kurumlarının, gerekirse tarımsal verimliliği artırarak ve tarım sektörünün "rasyonel gelişimini" sağlayarak gıda tedarikinin mevcudiyetini güvence altına almasını gerektirmektedir (Borghi, 2023).

Avrupa Birliği ülkelerinin sosyo-ekonomik ve tarımsal yapıları arasında oldukça büyük farklılıklar bulunması nedeniyle, gıda güvencesi düzeyleri arasında da önemli farklılıklar mevcuttur. Bu nedenle çalışmanın amacı, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin gıda güvencesi açısından durumlarını ortaya koymaktır.

Materyal Ve Yöntem

Materyal

Araştırmanın verileri Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) istatistik veri tabanından elde edilmiştir. Ayrıca VIKOR yönteminin kullanıldığı daha önce yayınlanmış konu ile ilgili araştırmalardan faydalanılmıştır. Araştırmada kullanılan değişkenler 2022 yılına aittir. Araştırma kapsamına alınan Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin belirlenmesinde, verilere ulaşım belirleyici olmuştur. Araştırmada belirlenen gıda güvencesi ile ilgili verilere ulaşılan AB ülkeleri araştırma kapsamına alınmıştır.

Yöntem

Araştırmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan VIKOR yöntemi kullanılmıştır. VIKOR yönteminin tercih edilme sebebi, karar vericinin uzlaşma çözümleri elde etme tercihini ifade edemediği durumlarda yardımcı bir karar alma metodolojisi olmasından kaynaklanmaktadır. Gıda güvencesi ile ilgili potansiyelin değerlendirilmesinde sekiz kriter ele alınmıştır. Bu kriterler ortalama diyet enerji arzı yeterliliği, yetersiz beslenme prevalansının tahmininde kullanılan diyet enerji kaynağı, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansı, kişi başına gıda arzı değişkenliği, güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi, güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi, yetişkin popülasyonda obezite prevalansı olarak sıralanabilir.

VIKOR yönteminin temelinde, ilk olarak Opricovic ve Tzeng tarafından ortaya atılan pozitif ve negatif ideal noktaların tanımlanması yer almaktadır. VIKOR yöntemi, çok kriterli karar vermenin uzlaşma fikrine dayanmaktadır. Çeşitli alternatifler $A_1, A_2, \dots, A_m$ olarak gösterilirken tüm kriterler $C_1, C_2, \dots, C_n$ olarak gösterilir. Bir alternatif A_i için, f_{ij} kriter C_j 'nin değeridir (Ju ve Wang, 2013).

VIKOR yöntemi karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiştir. Uzlaşma sıralama listesini, uzlaşma çözümünü ve başlangıçta (verilen) ağırlıklarla elde edilen uzlaşma çözümünün tercih kararlılığı için ağırlık kararlılık aralıklarını belirler. Bu yöntem, çakışan kriterlerin varlığında bir dizi alternatif arasından sıralama ve seçim yapmaya odaklanır. "İdeal" çözüme "yakınlık" özel ölçüsüne dayalı çok kriterli sıralama endeksini tanıtır. Her alternatifin her kriter fonksiyonuna göre

değerlendirildiği varsayıldığında, uzlaşma sıralaması, ideal alternatife yakınlık ölçüsünün karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilebilir. Uzlaşma sıralaması için çoklu kriter ölçüsü, bir uzlaşma programlama yönteminde bir toplama fonksiyonu olarak kullanılan L_p -metriğinden geliştirilmektedir. Çeşitli J alternatifleri $a_1, a_2, \dots, a_J$ olarak gösterilir. Alternatif a_j için, i 'inci yönün derecesi f_{ij} ile gösterilir, yani f_{ij} , alternatif a_j için i 'inci kriter fonksiyonunun değeridir, n , kriter sayısıdır (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Çok kriterli karar alma VIKOR metodolojisi, çok kriterli bir optimizasyon ve uzlaşma çözümüdür. Yöntem, tutarlı kriterler altında bir dizi alternatif arasından sıralama ve seçim yapmaya dayanmaktadır. Müzakereler temelinde, karar vericilerin kriter ağırlığı yoluyla tercihlerini içeren uzlaşma çözümleri elde edilebilmektedir (Nath ve ark., 2023).

VIKOR yöntemi birbirini izleyen yedi aşamada uygulanmaktadır. Bu aşamalar şunlardır:

1. aşamada, karar matrisi oluşturulmaktadır.
2. aşamada her ölçüt için en iyi ve en kötü değerler hesaplanmaktadır.
3. aşamada ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulmaktadır.
4. aşamada ortalama grup skoru ve en kötü grup skoru hesaplanmaktadır.
5. aşamada Q_i değerleri hesaplanmaktadır.
6. aşamada S , R ve Q değerleri sıralanmaktadır.
7. aşamada elde edilen sonuçların sıranması yapılmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

1. Aşama: Karar matrisinin oluşturulması

VIKOR yönteminin ilk aşamasında karar matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 1). Bu aşamada satırlarda ülkeler, sütunlara ise ülkelerin gıda güvencesi durumunu ortaya koymada yararlanılacak kriterler yerleştirilmiştir.

Çizelge 1. Karar matrisi

Table 1. Decision matrix

Ülkeler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Avusturya	151,0	3834,0	65836,9	1,8	25,0	99,0	99,0	15,4
Belçika	153,0	3900,0	63431,0	2,0	17,0	99,0	95,0	20,0
Bulgaristan	121,0	3014,0	32511,8	2,5	15,0	96,0	74,0	20,6
Çekya	136,0	3429,0	48784,0	2,2	13,0	98,0	90,0	26,0
Danimarka	141,0	3588,0	71224,3	1,9	45,0	99,0	99,0	13,3
Estonya	131,0	3315,0	43877,0	1,0	55,0	97,0	90,0	22,2
Finlandiya	130,0	3335,0	58634,4	3,0	27,0	99,0	90,0	21,5
Fransa	145,0	3620,0	54988,3	2,3	15,0	99,0	90,0	9,7
Almanya	144,0	3657,0	62605,5	1,5	24,0	99,0	97,0	20,4
Yunanistan	134,0	3389,0	35328,8	1,5	23,0	99,0	92,0	28,0
Litvanya	139,0	3419,0	47025,4	1,3	21,0	95,0	95,0	25,4
Malta	129,0	3312,0	55727,7	2,0	36,0	99,0	88,0	32,3
Hollanda	134,0	3472,0	69953,7	1,9	61,0	99,0	98,0	14,5
Polonya	137,0	3436,0	43661,5	0,9	33,0	89,0	98,0	27,5
Portekiz	143,0	3553,0	41240,4	3,3	13,0	95,0	93,0	21,8
Romanya	146,0	3624,0	39872,5	7,1	11,0	82,0	88,0	34,0
Slovakya	116,0	2983,0	38566,3	2,0	50,0	99,0	82,0	26,8
İspanya	136,0	3405,0	45787,7	1,5	26,0	99,0	90,0	15,7
İsveç	128,0	3261,0	64778,0	1,8	34,0	99,0	96,0	15,3

X₁:Ortalama diyet enerji arzı yeterliliği (yüzde) (3 yıllık ortalama) (%), X₂:Yetersiz beslenme prevalansının tahmininde kullanılan diyet enerji kaynağı (kcal/cap/gün), X₃:Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, (sabit 2017 uluslararası \$), X₄:Toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansı (%) (3 yıllık ortalama), X₅:Kişi başına gıda arzı değişkenliği (kcal/cap/gün), X₆:Güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi (%), X₇:Güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi (%), X₈:Yetişkin popülasyonda obezite prevalansı (18 yaş ve üstü) (%)

Kaynak: FAO, 2024.

2. Aşama: Her ölçüt için f_j^* (en iyi), f_j^- (en kötü) değerlerinin bulunması

İkinci aşamada ülkelerin gıda güvencesi durumunu ortaya koymada yararlanılan kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri belirlenmiştir. En iyi ve en kötü değerler, Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'deki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

•Eğer j ölçütü oluşturulan model açısından "fayda" kriteri ise;

$$f_j^* = \sum_j \max x_{ij} \quad f_j^- = \sum_j \min x_{ij} \quad (1)$$

•Eğer j ölçütü oluşturulan model açısından "zarar" kriteri ise;

$$f_j^* = \sum_j \min x_{ij} \quad f_j^- = \sum_j \max x_{ij} \quad (2)$$

Araştırma kapsamına alınan ülkelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin en iyi (f*) ve en kötü (f) değerleri Çizelge 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. En iyi ve en kötü değerler

Table 2. Best and worst values

Ülkeler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Avusturya	151	3834	65836,9	1,8	25	99	99	15,4
Belçika	153	3900	63431	2	17	99	95	20
Bulgaristan	121	3014	32511,8	2,5	15	96	74	20,6
Çekya	136	3429	48784	2,2	13	98	90	26
Danimarka	141	3588	71224,3	1,9	45	99	99	13,3
Estonya	131	3315	43877	1	55	97	90	22,2
Finlandiya	130	3335	58634,4	3	27	99	90	21,5
Fransa	145	3620	54988,3	2,3	15	99	90	9,7
Almanya	144	3657	62605,5	1,5	24	99	97	20,4
Yunanistan	134	3389	35328,8	1,5	23	99	92	28
Litvanya	139	3419	47025,4	1,3	21	95	95	25,4
Malta	129	3312	55727,7	2	36	99	88	32,3
Hollanda	134	3472	69953,7	1,9	61	99	98	14,5
Polonya	137	3436	43661,5	0,9	33	89	98	27,5
Portekiz	143	3553	41240,4	3,3	13	95	93	21,8
Romanya	146	3624	39872,5	7,1	11	82	88	34
Slovakya	116	2983	38566,3	2	50	99	82	26,8
İspanya	136	3405	45787,7	1,5	26	99	90	15,7
İsveç	128	3261	64778	1,8	34	99	96	15,3
f*	153	3900	71224,3	0,9	11	99	99	9,7
f	116	2983	32511,8	7,1	61	82	74	34

X₁:Ortalama diyet enerji arzı yeterliliği (yüzde) (3 yıllık ortalama) (%), X₂:Yetersiz beslenme prevalansının tahmininde kullanılan diyet enerji kaynağı (kcal/cap/gün), X₃:Kişi başına gayri safı yurtiçi hasıla, (sabit 2017 uluslararası \$), X₄:Toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansı (%) (3 yıllık ortalama), X₅:Kişi başına gıda arzı değişkenliği (kcal/cap/gün), X₆:Güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi (%), X₇:Güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon hizmetlerini kullanan nüfusun yüzdesi (%), X₈:Yetişkin popülasyonda obezite prevalansı (18 yaş ve üstü) (%)

3. Aşama: Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisin oluşturulabilmesi için Eşitlik 3’deki formül kullanılmıştır.

$$y_{ij} = w_j \left(\frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \quad (3)$$

Çizelge 3’de ağırlıklandırılmış standart karar matrisi gösterilmiştir. Araştırmada modele dahil edilen her bir ölçütün önemi birbirine eşit olarak alınmıştır. Bu nedenle ağırlık değeri (1/8=0.125) olarak alınmıştır.

Çizelge 3. Ağırlıklandırılmış karar matrisi

Table 3. Weighted decision matrix

Ülkeler	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Avusturya	0,007	0,009	0,017	0,018	0,035	0,000	0,000	0,029
Belçika	0,000	0,000	0,025	0,022	0,015	0,000	0,020	0,053
Bulgaristan	0,108	0,121	0,125	0,032	0,010	0,022	0,125	0,056
Çekya	0,057	0,064	0,072	0,026	0,005	0,007	0,045	0,084
Danimarka	0,041	0,043	0,000	0,020	0,085	0,000	0,000	0,019
Estonya	0,074	0,080	0,088	0,002	0,110	0,015	0,045	0,064
Finlandiya	0,078	0,077	0,041	0,042	0,040	0,000	0,045	0,061
Fransa	0,027	0,038	0,052	0,028	0,010	0,000	0,045	0,000
Almanya	0,030	0,033	0,028	0,012	0,033	0,000	0,010	0,055
Yunanistan	0,064	0,070	0,116	0,012	0,030	0,000	0,035	0,094
Litvanya	0,047	0,066	0,078	0,008	0,025	0,029	0,020	0,081
Malta	0,081	0,080	0,050	0,022	0,063	0,000	0,055	0,116
Hollanda	0,064	0,058	0,004	0,020	0,125	0,000	0,005	0,025
Polonya	0,054	0,063	0,089	0,000	0,055	0,074	0,005	0,092
Portekiz	0,034	0,047	0,097	0,048	0,005	0,029	0,030	0,062
Romanya	0,024	0,038	0,101	0,125	0,000	0,125	0,055	0,125
Slovakya	0,125	0,125	0,105	0,022	0,098	0,000	0,085	0,088
İspanya	0,057	0,067	0,082	0,012	0,038	0,000	0,045	0,031
İsveç	0,084	0,087	0,021	0,018	0,058	0,000	0,015	0,029

4. Aşama: S_i ve R_i değerlerinin bulunması

Modelde ortalama grup skoru (S_i) ve en kötü grup skorunun (R_i) hesaplanabilmesi için Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'teki formüller kullanılmıştır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (4)$$

$$R_i = \max y_{ij} \quad (j= 1,2,3.... ,n) \quad (5)$$

Araştırmada S_i ve R_i değerleri Eşitlik 4 ve Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmış ve değerler Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelge 4. S_i ve R_i değerleriTable 4. S_i and R_i values

Ülkeler	S _i	R _i
Avusturya	0,116	0,035
Belçika	0,135	0,053
Bulgaristan	0,599	0,125
Çekya	0,362	0,084
Danimarka	0,207	0,085
Estonya	0,478	0,110
Finlandiya	0,383	0,078
Fransa	0,201	0,052
Almanya	0,201	0,055
Yunanistan	0,421	0,116
Litvanya	0,354	0,081
Malta	0,467	0,116
Hollanda	0,301	0,125
Polonya	0,431	0,092
Portekiz	0,353	0,097
Romanya	0,593	0,125
Slovakya	0,648	0,125
İspanya	0,333	0,082
İsveç	0,312	0,087

5. Aşama: Alternatiflerin her biri için Q_i değerinin hesaplanması

Modelde Eşitlik 6 kullanılmış ve Q_i değerlerine ulaşılmıştır.

$$Q_i = v * \left(\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - v) * \left(\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (6)$$

Formülde;

$$S^* = \min_i S_i$$

$$S^- = \max_i S_i$$

$$R^* = \min_i R_i$$

$$R^- = \max_i R_i \text{ şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

Araştırma kapsamına alınan tüm alternatifler (ülkeler) için hesaplanan Q_i değerleri Çizelge 5’de sunulmuştur. Maksimum grup faydasını sağlayan strateji değeri (v) 0,5 olarak alınmıştır.

Çizelge 5. Q_i değerleriTable 5. Q_i values

Ülkeler	Q_i
Avusturya	0,000
Belçika	0,118
Bulgaristan	0,954
Çekya	0,502
Danimarka	0,363
Estonya	0,757
Finlandiya	0,489
Fransa	0,177
Almanya	0,192
Yunanistan	0,736
Litvanya	0,478
Malta	0,782
Hollanda	0,675
Polonya	0,611
Portekiz	0,566
Romanya	0,948
Slovakya	1,000
İspanya	0,466
İsveç	0,474

6. Aşama: S , R ve Q değerlerinin sıralanması

Bu aşamada en küçük Q_i değerine sahip alternatif 7. aşamadaki koşulları sağlamak şartıyla en iyi seçenek olarak tercih edilir.

Araştırmada S_i , R_i ve Q_i değerlerinin sıralanması suretiyle araştırma kapsamına alınan ülkelerin kriterlere göre performans sıralamaları yapılmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. S, R ve Q değerlerinin sıralanması

Table 6. Ranking of S, R and Q values

Ülkeler	Q _i	S _i	R _i
Avusturya	0,000	0,116	0,035
Belçika	0,118	0,135	0,053
Bulgaristan	0,954	0,599	0,125
Çekya	0,502	0,362	0,084
Danimarka	0,363	0,207	0,085
Estonya	0,757	0,478	0,110
Finlandiya	0,489	0,383	0,078
Fransa	0,177	0,201	0,052
Almanya	0,192	0,201	0,055
Yunanistan	0,736	0,421	0,116
Litvanya	0,478	0,354	0,081
Malta	0,782	0,467	0,116
Hollanda	0,675	0,301	0,125
Polonya	0,611	0,431	0,092
Portekiz	0,566	0,353	0,097
Romanya	0,948	0,593	0,125
Slovakya	1,000	0,648	0,125
İspanya	0,466	0,333	0,082
İsveç	0,474	0,312	0,087

7. Aşama: Elde edilen sonuçların sıranması

Elde edilen sonuçların kabul edilebilmesi için aşağıdaki iki koşulun sağlanması gerekir.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj koşulu

$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ$ olmalıdır.

$DQ = 1/j - 1$ (j alternatifleri göstermektedir.)

Koşul 2: Kabul edilebilir istikrar koşulu

Bu koşula göre en düşük Q değerine sahip alternatifin (A'), S ve R değerlerinin de en az bir tanesinin en küçük değere sahip olması gerekmektedir.

$DQ = 1/j - 1$ (Araştırma kapsamına 19 ülke (alternatif) alınmıştır.

$DQ = 1/18 = 0.055$ sonucuna ulaşılmıştır.

$Q(A^2) = 0,118$

$Q(A^1) = 0,000$

$Q(A^2) - Q(A^1) = 0,118$

$0,118 \geq 0.055$ olduğundan Avusturya için birinci koşul olan kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanmıştır.

Araştırmada Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralanmıştır. Avusturya'nın Q_i değerinin en küçük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Avusturya, en küçük R ve S değerlerine sahip olduğundan ikinci koşul olan kabul edilebilir istikrar koşulunu da sağlamaktadır. Araştırmada uygulanan VIKOR modeline göre, belirlenen kriterler itibarıyla seçilen AB ülkeleri arasında gıda güvencesini sağlama açısından Avusturya'nın ilk sırada yer aldığı, Belçika'nın ikinci ve Fransa'nın ise üçüncü sırada yer aldığı belirlenmiştir. Matkovski ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) kullanılmış, AB ülkeleri arasında gıda güvencesi açısından ilk sıradaki ülkenin Avusturya olduğu belirlenmiştir. Marcuta ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir diğer araştırmada, 2019 yılı itibarıyla gıda güvence indeksine göre Avusturya'nın birinci, Belçika'nın ikinci sırada yer aldığı saptanmıştır.

Petrunenko ve ark. (2021) tarafından yapılan araştırmada, 2018 yılı itibarıyla, Bulgaristan'da 131870, Çek Cumhuriyeti'nde 42130, Estonya'da 12350, Macaristan'da 79220, Almanya'da 553050, İtalya'da 649820, Hollanda'da 287940, Polonya'da 81650, Romanya'da 666710, Slovakya'da 41180, Slovenya'da 9800 ve İspanya'da 823490 kişinin orta veya şiddetli gıda güvensizliği yaşadığı bildirilmiştir.

Santeramo ve Kang (2022) tarafından yapılan araştırmada, tahıllar, hayvansal ürünler, meyve ve sebzeler gibi temel tarım ürünleri açısından kendi kendine yeterli olan AB'nde gıda mevcudiyetinin

tehlikede olmadığı, ancak gıda endüstrisinde çok önemli olan ve düşük ikame edilebilirliğe sahip birkaç ürünün (örneğin ayçiçek yağı) net ithalatçısı konumunda olduğu bildirilmektedir.

Fusco ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmada, Avrupa nüfusunun sürekli büyümesi ve tarımın çevre üzerinde oluşturduğu sürekli baskılar göz önünde bulundurulduğunda, uzun vadede yeterli miktarda gıdanın garanti altına alınmaya devam edilebilmesi için, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan, mevcut gıda talebini karşılayan sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek hareket etmenin gerekliliği vurgulanmaktadır.

Kovljenic ve ark. (2023) tarafından yapılan araştırmada, AB üyesi olan ve olmayan ülkelerde brüt yatırımların ve tarım yatırımlarının gıda güvencesi düzeyi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu belirtilerek, en yüksek brüt yatırımlar ve tarım yatırımları, en yüksek gıda güvencesi seviyesine sahip AB üyesi ülkelerin Hırvatistan ve Slovenya olduğu kaydedilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada bazı Avrupa Birliği ülkelerinin gıda güvencesi göstergeleri incelenmiştir. Araştırmada çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan VIKOR yöntemi kullanılmıştır. VIKOR analizi sonucuna göre ele alınan kriterler itibarıyla ülkelerin performans sıralamasında Avusturya ilk sırada yer almış bu ülkeyi sırasıyla Belçika ve Fransa izlemiştir.

Avusturya, ortalama diyet enerji arzı yeterliliğinde 2. sırada, yetersiz beslenme prevalansının tahmininde kullanılan diyet enerji kaynağı sıralamasında 2. sırada, kişi başına gayri safi yurtiçi hasılda 3. sırada, toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansında 10. sırada, kişi başına gıda arzı değişkenliğinde 10. sırada, güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusta 11 ülke ile birinciliği, güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon hizmetlerini kullanan nüfus açısından Danimarka ile birinciliği paylaşmaktadır. Yetişkin popülasyonda obezite prevalansı itibarıyla ise 15. sırada yer almaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda AB ülkeleri arasında gıda güvencesi düzeyleri arasında önemli farklılıkların olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılıkların nedenini ortaya koymak için, incelenen değişkenlerin kapsama alınan 19 ülke için örneklem standart sapması kullanılarak varyasyon katsayıları hesaplanmıştır. En yüksek varyasyon % 61,03 ile toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansı ve % 52,13 ile kişi başına gıda arzı değişkenliğinde gözlemlenmiştir. Ayrıca kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla değişkeninde varyasyon % 23,50, yetişkin popülasyonda obezite prevalansı (18 yaş ve üstü) da % 30,56 olarak hesaplanmıştır. Diğer değişkenlerde varyasyon % 4,53 ile % 7,00 arasında düşük düzeylerde saptanmıştır. Özellikle Romanya'da toplam nüfusta şiddetli gıda güvensizliği prevalansı oldukça yüksektir. Kişi başına gıda arzı değişkenliği de Hollanda, Estonya ve Slovakya'da ortalamanın oldukça üzerindedir. AB ülkelerinde gözlemlenen bu farklılıkların giderilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. AB ülkelerinde ele alınan değişkenleri etkileyecek politikaların da incelenmesi önemli görülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Alle, A., Lynd, L.R., Vaze, V., 2021. Cross-national analysis of food security drivers: comparing results based on the Food Insecurity Experience Scale and Global Food Security Index. *Food Security*. 13:1245-1261.
- Anonim, 2024a. Food security and nutrition and sustainable agriculture. <https://sdgs.un.org/topics/food-security-and-nutrition-and-sustainable-agriculture#description> , (08.10.2024).
- Anonim, 2024b. What is food security. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security> , (08.10.2024).
- Borghi, P., 2023. Food Security and the Role of the EU. *Dpce On line*. 59(2): 2139-2154.
- FAO, 2024. Suite of Food Security Indicators. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS> ,(08.10.2024).
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2022. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome, FAO.
- Fusco, G., Coluccia, B., De Leo, F., 2020. Effect of trade openness on food security in the EU: a dynamic panel analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(4311):1-13.

- Ju, Y., Wang, A., 2013. Extension of VIKOR method for multi-criteria group decision making problem with linguistic information. *Applied Mathematical Modelling*. 37: 3112-3125.
- Koç, G., Uzman, A., 2015. Gıda güvencesi ve gıda güvenliği: kavramsal çerçeve, gelişmeler ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 21(1): 39-48.
- Kovljenic, M., Jotanovic, S.R., Bizonj, J.N., Maksimovic, B., 2023. Impact of investments on food security access: case of EU and non-EU member countries. *Economics of Agriculture*. 70(4): 937-951.
- Marcuta, L., Popescu, A., Tindeche, C., Smedescu, D., Marcuta, A., 2021. Food security of the European Union and the influence of covid-19. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 21(2): 383-392.
- Matkovski, B., Dokic, D., Zekic, S., Jurjevic, Z., 2020. Determining food security in crisis conditions: a comparative analysis of the western Balkans and the EU. *Sustainability*. 12 (9924): 1-16.
- Nath, B., Basumatary, B., Wary, N., Basumatary, U.R., Basumatary, J., Rokhum, S.L., Azam, M., Min, K., Basumatary, S., 2023. Agricultural waste-based heterogeneous catalyst for the production of biodiesel: a ranking study via the VIKOR method. *International Journal of Energy Research*. 2023:1-23.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 156: 445-455.
- Petrunenko, I., Grabchuk, I., Vlasenko, T., Petrova, E., Strikha, L., 2021. Ensuring food security of EU countries in the context of sustainable development. *Journal of Management Information and Decision Sciences*. 24(3):1-12.
- Pinstrup-Andersen, P., 2009. Food security: definition and measurement. *Food Security*. 1:5-7.
- Santeramo, F.G., Kang, M., 2022. Food security threats and policy responses in EU and Africa. *Sustainable Horizons*. 4 (2022) 100044:1-3.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

The Pomological and Morphological Characterization of Different Foreign Almond Cultivars and the Local Type Grown under Ecological Conditions of Çanakkale

Çağlar Kaya^{1*}  Murat Şeker¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 17100, Çanakkale, Türkiye

*Corresponding author: ckaya@stu.comu.edu.tr

Received Date: 29.12.2024

Accepted Date: 14.05.2025

Abstract

The present study aims to investigate the pomological and morphological characteristics of different foreign almond [*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb] cultivars and local type cultivated in Çanakkale ecological conditions. Within the scope of the study, Ferragnes, Ferraduel, Texas, Laureenne and Nonpareil were used as foreign almond cultivars, while Alçitepe was selected as local type. Two-year data were used in the study. In 2023 and 2024, fruit characteristics of the cultivars and local type harvested in August-September, shelled and unshelled measurements, leaf and petiole characteristics and SPAD values indicating photosynthetic capacity were compared to obtain in-depth information about the production potential and quality parameters of different cultivars and local type. With regard to shelled and unshelled characteristics, the Ferraduel cultivar exhibited the longest shell width (23.32 mm), the Nonpareil cultivar demonstrated the longest shell length (38.99 mm), while the Ferragnes and Texas cultivars exhibited shorter shell characteristics. The highest unshelled fruit weight was found in cultivar Laureenne (2.46 g), while local type Alçitepe had the lowest unshelled weight (1.30 g). Regarding the unshelled yield ratio, the cultivars Texas (40.31%) and Ferragnes (33.23%) had the highest yield ratios. These results show that there is a large variation in shelled yield ratio between cultivars. When leaf and petiole characteristics were analysed, Ferraduel cultivar had the largest leaf (32.80 mm), while Alçitepe local type and Texas cultivar had smaller leaves. In terms of SPAD value, Laureenne (42.16) and Alçitepe (41.60) had the highest values, while Texas (37.38) and Ferragnes (38.56) had lower SPAD values. This shows that there are significant differences in the photosynthetic capacity of different cultivars and this is an important factor in terms of productivity. In conclusion, this study revealed significant differences in pomological and morphological characteristics of some important almond cultivars and local type and highlighted that some cultivars provide larger fruits and higher yields. It is predicted that the results obtained will be an important guide for the selection of productive cultivars in almond production and the improvement of production techniques for almond local type.

Keywords: Local type, standart cultivars, pomological traits, morphological traits.

Çanakkale Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Farklı Yabancı Badem Çeşitleri ve Yerel Tipin Pomolojik ve Morfolojik Karakterizasyonu

Öz

Bu çalışma, Çanakkale ekolojik koşullarında yetiştirilen farklı yabancı badem [*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb] çeşitlerinin ve yerel tipinin pomolojik ve morfolojik özelliklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında Ferragnes, Ferraduel, Texas, Laureenne ve Nonpareil olmak üzere yabancı badem çeşitleri ile Alçitepe yerel tipi kullanılmıştır. Çalışmada iki yıllık veriler elde edilerek, 2023 ve 2024 yıllarında, Ağustos-Eylül döneminde hasat edilen çeşitlerin ve yerel tipin meyve özellikleri, kabuklu ve kabuksuz ölçümleri, yaprak ve petiol özellikleri ile fotosentetik kapasiteyi belirten SPAD değerleri karşılaştırılarak, farklı çeşitlerin ve yerel tipin üretim potansiyeli ve kalite parametreleri hakkında derinlemesine bilgi elde edilmiştir. Kabuklu ve kabuksuz özellikler açısından Ferraduel çeşidi en geniş kabuk genişliğine (23,32 mm) sahipken, Nonpareil çeşidi en uzun kabuk uzunluğunu (38,99 mm) göstermiştir. Buna ek olarak, Ferragnes ve Texas çeşitleri daha kısa kabuk özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek iç badem ağırlığı Laureenne çeşidinde (2,46 g) bulunurken, Alçitepe yerel tipinin en düşük kabuksuz ağırlığa (1,30 g) sahip olduğu tespit edilmiştir. İç randıman oranı açısından Texas (40,31%) ve Ferragnes (33,23%) çeşitleri en yüksek verim oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çeşitler arasında iç randıman oranında büyük bir varyasyon olduğunu göstermektedir. Yaprak ve petiol özellikleri

incelendiğinde, Ferraduel çeşidi en büyük yaprağa (32,80 mm) sahipken, Alçıtepe yerel tipi ve Texas çeşidi daha küçük yapraklara sahip olduğu gözlenmiştir. SPAD değeri açısından Laureenne (42,16) ve Alçıtepe (41,60) en yüksek değerlere sahipken, Texas (37,38) ve Ferragnes (38,56) daha düşük SPAD değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, farklı çeşitlerin fotosentetik kapasitesinde önemli farklılıklar olduğunu ve bunun üretkenlik açısından önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, bazı yabancı badem çeşitleri ve yerel tipinin pomolojik ve morfolojik özelliklerinde önemli farklılıklar ortaya koymuş ve bazı çeşitlerin daha büyük meyveler ve daha yüksek verimler sağladığını vurgulamıştır. Elde edilen sonuçların, badem üretiminde verimli çeşitlerin seçimi yerel badem tiplerinin üretim tekniklerinin geliştirilmesi için bir referans kaynak teşkil edeceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yerel tip, standart çeşitler, pomolojik özellikler, morfolojik özellikler.

Introduction

Almond [*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb L.] is a hard-shelled fruit species that has been cultivated since ancient times. It belongs to the genus *Prunus*, subgenus *Amygdalus*, subfamily *Prunoidea*, family *Rosaceae*, order *Rosales* (Mitra, 2020). The cultivation of almonds, originating from Central and Western Asia and occupying a significant position in global hard-shelled fruit production, has witnessed a notable increase in its prevalence within our nation (Ladizinsky, 1999). Globally, almond production is estimated to be 3.630.427 tons, cultivated across an area of 2.357.075 hectares. Turkey is the fourth-largest producer, with an annual yield of 190.000 tons and an area dedicated to almond cultivation of 63.266 hectares (FAO, 2023). A notable escalation in almond production was observed within the country between 2010 and 2023, accompanied by the establishment of a substantial number of new almond orchards (April, 2024). The key factors contributing to almonds' growing appeal include their remarkable adaptability to diverse soil conditions, their numerous health benefits, and their status as a highly lucrative fruit species (Reisman, 2020).

Almond consumption has been demonstrated to provide significant nutritional benefits, attributable to their high mineral and vitamin content (Chukwuma et al., 2024). Almonds are notable for their abundance of healthy monounsaturated fats, protein, vitamin E, B vitamins, and minerals such as magnesium, potassium, calcium, and phosphorus. A 100-gram serving of almonds contains approximately 579 calories, 49 grams of fat, 21 grams of protein, and 12 grams of fibre (El Bernoussi et al., 2024). The aforementioned nutrients contribute to the promotion of cardiovascular health, the regulation of blood sugar levels, antioxidant properties, and the facilitation of digestive processes. Notably, almonds, which are abundant in vitamin E and phenolic compounds, provide antioxidant support to the body, thereby potentially mitigating cellular damage (Singar et al., 2024).

Pomological traits encompass physical characteristics such as fruit size, shape, weight and peel thickness, while morphological traits comprise structural elements of the plant and adaptability to environmental factors (Uzun et al., 2024). The present study aims to provide a detailed comparison of the morphological and pomological characteristics of almond local type and cultivars. The analysis of these differences offers a more comprehensive understanding of the factors influencing the cultivation of each cultivar, including suitable environmental conditions, water requirements and climate tolerance. In the context of almond cultivation, the variation in productivity among local type, along with their capacity to withstand environmental stresses, offers significant economic insights. Furthermore, the undertaking of pomological and morphological characterisation studies will facilitate the development of marketing strategies, quality control measures and farming practices for almond species.

The results of this study are expected to contribute to the determination of suitable cultivars for more efficient and quality production in almond cultivation. Furthermore, such comparisons provide essential information for the selection of cultivars that are particularly resistant to environmental stresses such as drought and temperature (Rahemi and Gradziel, 2024). Consequently, it will be possible to develop productive almond cultivars that are resistant to the effects of environmental changes such as climate change.

Materials and Methods

Materials

The present study was conducted in the 2023 and 2024 production season at a producer orchard located in Umurbey Village, Lapseki District, Çanakkale Province (parcel 285/19). Cultivation of almond cultivars was undertaken under optimal conditions, with harvesting occurring at the commercial maturity stage. The present study focuses on the pomological and morphological traits of the following

almond cultivars grafted onto GF677 rootstock: The cultivars included in the study were Ferraduel, Ferragnes, Texas, Laureenne, Nonpareil, and the local almond type, Alçitepe (Figure 1). The trees were 11 years old, spaced 1 metre apart within each row, with a 3-metre distance between each row. The dates of harvest for the almond cultivars and local type are provided in Table 1.



Figure 1. Images of almond cultivars/local type used in the study

Table 1. The harvest dates of the almond cultivars and local type

Cultivar/Local Type Name	Harvest Dates-2023	Harvest Dates-2024
Ferraduel	13 August 2023	15 August 2024
Ferragnes	12 August 2023	15 August 2024
Texas	16 August 2023	18 August 2024
Laureenne	8 September 2023	10 September 2024
Nonpareil	13 August 2023	15 August 2024
Alçitepe	22 August 2023	20 August 2024

Methods

Collection of Leaf Samples

The collection of leaf samples was conducted in accordance with the following methodology, which is outlined in detail below. Leaves that had reached full development were collected from the four cardinal points of the tree. A total of 100 leaves were taken from each tree, along with their petioles (Figure 2). The sampling method was an X-shape in the relevant orchard, with one tree skipped. The leaf samples were placed in aluminium foils and placed in an ice box. The label information included the name of the sample, the name of the orchard where the sample was taken, the date the sample was taken and the age of the tree. The leaf samples were transferred to the laboratory as soon as possible under cold chain conditions.

Collection of Fruit Samples

Fruits were randomly selected from all four sides of the tree (X-shaped) to represent the production orchard. A total of 30 fruit samples were taken from each tree. The measurements performed on the fruits were determined in three replicates, with 10 fruits in each replicate.



Figure 2. An image of collected leaves (front and rear view)

Measurements Performed in the Study

Shelled width (mm): The harvested shelled almonds were measured with a caliper in three replicates, with 10 almonds in each, between the dorsal part of the almond and the abdominal line, as well as between the cheek parts of the almonds to the right and left of the abdominal line. The measurements were averaged to obtain a single value for each replicate.

Shelled length (mm): The length between the almond tip and the stem pit was measured with a caliper in the harvested shelled almonds, with three replicates comprising 10 fruits each.

Shelled weight (g): The weight of each shelled almond was determined by weighing it individually on a precision balance with a precision of ± 0.01 g.

Shell thickness (mm): The average values of the inner shell were measured using a caliper gauge, with 3 replicates and 10 almonds in each replicate.

Unshelled width (mm): The harvested unshelled almonds were measured with a caliper in three replicates, with 10 almonds in each, between the dorsal part of the almond and the abdominal line, as well as between the cheek parts of the almonds to the right and left of the abdominal line. The measurements were averaged to obtain a single value for each replicate.

Unshelled length (mm): The length between the almond tip and the stem pit was measured with a caliper in the harvested unshelled almonds, with three replicates comprising 10 fruits each.

Unshelled weight (g): The weight of each unshelled almond was determined by weighing it individually on a precision balance with a precision of ± 0.01 g.

Unshelled yield (%): It was obtained by dividing the average inner almond weight by the shelled fruit weight. Expressed as %.

Unshelled L, a*, b*: The CIE L, a*, and b* values were determined on both cheeks using a Minolta colorimeter (CR-400, Minolta Co., Tokyo, Japan) in triplicate and 10 unshelled almonds from each replicate.

Leaf width (mm): It was measured using a ruler over the widest part of the leaf. It was determined with 3 replicates and by averaging the values of 10 randomly selected leaves in each replicate.

Leaf length (mm): The distance from the base of the leaf (i.e. the beginning of the petiole) to the tip of the leaf. It was determined in 3 replicates and by averaging the values of 10 randomly selected leaves in each replicate.

Petiol width (mm): The two ends of the callipers were placed at the widest point of the stem and measured as such. The measurement was recorded as the distance from the fixed part of the caliper to the other end of the caliper and expressed in millimetres. Calculated in 3 replicates and averaged over 10 randomly selected leaf samples in each replicate.

Petiol length (mm): It was calculated using callipers by averaging the petioles of 10 randomly selected leaves in 3 replicates and in each replicate.

Leaf area (mm²): Average leaf areas were calculated using the Leaf Area Measurement Program version 1.3 (The University of Sheffield, 2003).

SPAD: The data was recorded as the mean of three measurements taken from the leaf situated at the apex of the shoots. For this purpose, 10 randomly selected leaves were used. The measurements were taken with a SPAD device.

Statistical Analyses

The results obtained in the study were evaluated by analysis of variance using the "SAS 9.1.3 Portable" statistical package. The differences between cultivars and local type in the parameters studied

were evaluated by the LSD multiple comparison test at the $p < 0.05$ level. For morphological data, the criteria developed by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV-TG/56/4 Corr. Rev.) for the almond species were taken into account.

Results and Discussion

The highest unshelled width was recorded in the Ferraduel cultivar at 12.56 mm, while the lowest value was observed in the Alçitepe local type at 10.94 mm. This indicates that the Alçitepe local type has a narrower shell structure compared to the cultivars. The longest unshelled length was measured in the Laureenne cultivar at 29.86 mm, whereas the shortest was found in the Alçitepe local type at 21.26 mm. This suggests that the Alçitepe local type exhibits a shorter shell length relative to the other cultivars (Table 2).

The Alçitepe local type displayed the lowest unshelled weight at 1.30 g, whereas the highest weight was recorded in the Laureenne cultivar at 2.46 g. This finding highlights that the Alçitepe local type possesses a lighter shell structure compared to the cultivars. The Ferraduel cultivar exhibited the widest shelled width at 23.32 mm, while the narrowest was observed in the Texas cultivar at 17.96 mm.

Table 2. The pomological traits of almond cultivars and local type

Cultivar/ Local Type	Shelled width (mm)	Shelled length (mm)	Unshelled width (mm)	Unshelled length (mm)	Shelled weight (g)	Unshelled weight (g)	Unshelled yield (%)	Shell thickness (mm)
Ferraduel	23.32±0.77 ^a	36.66±1.96 ^a	12.56±0.40 ^a	26.63±1.39 ^{cd}	8.32±0.69 ^a	2.04±0.18 ^c	24.66±3.51 ^c	1.68±0.15 ^a
Ferragnes	18.88±0.79 ^{dc}	33.23±1.26 ^b	11.51±0.50 ^{dc}	25.42±0.33 ^d	5.39±0.53 ^c	1.78±0.08 ^d	33.23±1.80 ^b	1.20±0.18 ^c
Texas	17.96±0.66 ^d	36.72±2.06 ^a	11.70±0.27 ^{bc}	27.66±1.03 ^{cb}	5.35±0.26 ^c	2.15±0.10 ^{bc}	40.31±2.34 ^a	1.56±0.06 ^a
Laureenne	19.70±0.36 ^c	38.48±1.31 ^a	12.36±0.13 ^{ba}	29.86±0.42 ^a	7.64±0.35 ^{ba}	2.46±0.11 ^a	32.24±1.98 ^b	1.56±0.06 ^a
Nonpareil	20.92±0.46 ^b	38.99±0.49 ^a	12.35±0.34 ^{ba}	28.38±0.51 ^b	6.93±0.54 ^b	2.27±0.09 ^{ba}	32.93±2.96 ^b	1.36±0.06 ^{bc}
Alçitepe	21.16±0.39 ^b	32.74±1.14 ^b	10.94±0.53 ^d	21.26±0.45 ^e	5.86±0.10 ^c	1.30±0.14 ^e	22.26±2.30 ^c	1.50±0.07 ^{ba}
LSD(0.05)	1.0653	2.612	0.6876	1.4048	0.8117	0.2163	4.5395	0.1951
	**	**	**	**	**	**	**	**

** There are statistically significant differences among cultivars/local type in terms of the related trait ($p < 0.05$)

The Alçitepe local type, with a shelled width of 21.16 mm, positioned itself at an intermediate level among the cultivars. The Nonpareil cultivar had the longest shelled length at 38.99 mm. In contrast, the Alçitepe local type demonstrated a shorter shelled length at 32.74 mm. The highest shelled weight was recorded in the Ferraduel cultivar at 8.32 g, while the Alçitepe local type had a moderate shelled weight of 5.86 g. The thinnest shell was observed in the Ferragnes cultivar at 1.20 mm, while the thickest shell was recorded in the Ferraduel cultivar at 1.68 mm. The Alçitepe local type exhibited a shell thickness of 1.50 mm, which was comparable to most cultivars. The highest unshelled yield was observed in the Texas cultivar at 40.31%, while the lowest yield was recorded in the Alçitepe local type at 22.26%. This suggests that the shell weight may negatively influence the kernel yield of the Alçitepe local type (Table 2).

In this study, Ferraduel exhibited the widest unshelled width 12.56 mm, while Alçitepe had the narrowest 10.94 mm. Previous research by Khadivi-Khub and Etemadi-Khah (2015), also found considerable differences in unshelled width among almond cultivars, with cultivars like Tuono and Ferraduel showing significantly wider shells. The narrower shell of Alçitepe in this study aligns with findings from Li et al. (2018), who observed that local type with narrower shells often exhibit higher kernel proportions. However, this study indicates that Alçitepe's smaller shell does not necessarily translate to higher unshelled yields, as it showed the lowest yield among the tested local type. This is consistent with observations by Calle et al. (2024), who suggested that while narrower shells may reduce processing costs, they can sometimes lead to lower kernel yields due to a higher proportion of empty or smaller kernels.

The Laureenne cultivar, with the longest unshelled length 29.86 mm, contrasts with the findings of Gouta et al. (2021), who reported that cultivars with longer shells tend to have better resistance to mechanical damage during harvesting. This suggests that while Alçitepe exhibits a shorter shell, its overall yield is negatively impacted, possibly due to its lighter shell weight and other physiological factors. The unshelled weight was significantly lighter in Alçitepe 1.30 g compared to Laureenne 2.46 g, which corroborates the results of Aktas et al. (2007), who observed that lighter shells do not always correlate with higher kernel yields, highlighting the complexity of yield determination in almond breeding.

The shell thickness in this study ranged from 1.20 mm in Ferragnes to 1.68 mm in Ferraduel, with Alçitepe having a shell thickness of 1.50 mm. The thicker shells in Ferraduel were similar to those reported by Du and Tan (2021), who found that thicker shells were more resistant to cracking during mechanical harvesting, but this also increased the energy requirements for shelling. On the other hand, the thinner shell of Ferragnes in this study aligns with the results of Lipan et al. (2024), who found that thinner shells may be advantageous in terms of easier cracking, but this can result in lower protection for the kernel, affecting its overall quality. The moderate shell thickness in Alçitepe 1.50 mm suggests that it strikes a balance between the advantages of shell protection and the disadvantages of requiring more energy for cracking.

The most striking finding of this study was the significant difference in unshelled yield between the cultivars. Texas exhibited the highest unshelled yield at 40.31%, while Alçitepe showed the lowest yield at 22.26%. This trend is consistent with previous studies such as Khadivi et al. (2019), which indicated that cultivars with heavier shells tend to yield higher percentages of kernel. The higher unshelled yield in Texas may be linked to its shell-to-kernel ratio, as heavier and more robust shells may protect the kernels more effectively during processing, resulting in higher kernel quality and yield.

In contrast, the Alçitepe local type's lower unshelled yield supports the findings of Ledbetter (2008), who concluded that local type with smaller or lighter shells often produce lower kernel yields due to reduced kernel size or density. This study suggests that the shell weight may negatively influence kernel yield in Alçitepe, likely due to a higher proportion of non-commercial kernels or a lower overall kernel weight. This observation highlights the importance of considering both shell weight and kernel characteristics when selecting almond cultivars for high yield.

The Ferraduel and Ferragnes cultivars, which exhibited higher unshelled yields and wider shells, align with the findings of Wang et al. (2020) and Khojand et al. (2024), who suggested that larger, heavier shells are often associated with higher kernel yields, likely due to the protective benefits they offer. Texas, similarly, exhibited high kernel yields, though it had a narrower shell compared to Ferraduel. This suggests that other factors, such as genetic makeup and internal kernel quality, play a role in determining kernel yield, beyond just shell characteristics.

Conversely, Alçitepe, despite its small shell, showed lower kernel yields, possibly due to its lighter shell structure. This aligns with the findings of Sideli et al. (2023), who indicated that lighter, narrower shells can sometimes be less efficient in protecting the kernel, which may result in lower overall yield in terms of marketable kernels.

The highest unshelled yield was observed in the Texas cultivar at 40.31%, while the lowest yield was recorded in the Alçitepe local type at 22.26%. This suggests that the shell weight may negatively impact the kernel yield of the Alçitepe local type (Table 2).

In terms of leaf width, the widest leaves were found in Ferraduel 32.80 mm, while the narrowest were observed in Alçitepe 21.24 mm. For leaf length, the longest leaves were recorded in Laureenne 98.53 mm, while the shortest were found in Alçitepe 78.30 mm. Regarding petiole width, Ferragnes exhibited the widest petioles 1.20 mm, while Alçitepe had the narrowest 0.74 mm. The longest petiole was observed in Ferragnes 17.60 mm, and the shortest in Laureenne 13.73 mm (Table 3).

Table 3. The pomological and morphological traits of almond cultivars and local type

Cultivar/ Local Type	Unshelled L*	Unshelled a*	Unshelled b*	Leaf width (mm)	Leaf length (mm)	Petiol width (mm)	Petiol length (mm)	Leaf area (mm ²)	SPAD
Ferraduel	58.03±2.48 ^b	12.05±1.28 ^{ba}	45.76±1.76 ^c	32.80±1.00 ^a	96.60±1.00 ^b	1.15±1.00 ^a	16.00±1.00 ^a	2501.6±2.00 ^a	41.50±1.00 ^a
Ferragnes	63.84±2.64 ^b	7.23±1.56 ^c	42.85±0.68 ^d	31.60±1.00 ^a	98.20±1.00 ^{ba}	1.20±1.00 ^a	17.60±1.00 ^a	2469.6±2.00 ^a	38.56±1.00 ^b
Texas	59.65±2.91 ^b	11.21±2.61 ^{ba}	50.59±0.56 ^{ba}	23.00±1.00 ^c	89.40±1.00 ^c	1.04±0.05 ^a	13.80±1.00 ^b	1340.6±2.00 ^{cb}	37.38±1.00 ^b
Laurenne	61.54±2.18 ^{ba}	11.09±1.97 ^{ba}	52.67±2.39 ^a	27.93±0.58 ^b	98.53±0.58 ^a	1.12±1.00 ^a	13.73±0.58 ^b	1739.9±2.00 ^b	42.16±1.00 ^a
Nonpareil	63.82±0.23 ^a	9.35±0.45 ^{bc}	50.13±0.34 ^b	23.20±1.00 ^c	83.40±1.00 ^d	1.16±1.00 ^a	16.00±1.00 ^a	1708.4±2.00 ^{cb}	41.24±1.00 ^a
Alçitepe	46.21±0.38 ^c	12.83±0.50 ^a	35.58±0.83 ^e	21.24±1.00 ^d	78.30±1.00 ^e	0.74±0.01 ^a	16.02±1.00 ^a	1230.9±2.00 ^c	41.60±1.18 ^a
LSD(0.05)	3.739 **	2.8316 **	2.3397 **	1.6773 **	1.6773 **	N.S.*	1.6773 **	480.01 **	1.8378 **

** There are statistically significant differences among cultivars/local type in terms of the related trait ($p<0.05$)

*N.S. There are not statistically significant differences among cultivars/local type in terms of the related trait ($p<0.05$)

The largest leaf area was found in Ferraduel 2501.6 mm², while the smallest was observed in Alçitepe 1230.9 mm². In terms of chlorophyll content (SPAD), the highest value was recorded in Ferraduel 41.50, while the lowest was observed in Texas 37.38. These results indicate that the Alçitepe local type generally exhibits lower yield and leaf characteristics, while cultivars like Ferraduel and Ferragnes demonstrate higher yield and better leaf traits (Table 3).

The widest leaves were found in the Ferraduel cultivar 32.80 mm, while the narrowest were observed in the Alçitepe local type 21.24 mm. This result indicates that Ferraduel has larger and broader leaves, which may contribute to higher photosynthetic capacity, thus enabling more energy production. Nortes et al. (2009) reported that broader leaves allow for more light capture, which could enhance overall plant productivity. The narrow leaves of the Alçitepe local type, as observed in this study, have been similarly noted in other research, where narrow leaves typically correlate with lower photosynthetic activity and potentially reduced yield (Ranjbar et al., 2021).

In terms of leaf length, the longest leaves were recorded in Ferragnes 98.20 mm, while the shortest were found in Texas 89.40 mm. Ferragnes's longer leaves may contribute to more efficient use of water and nutrients, which could positively affect yield. Moldero et al. (2021) highlighted that longer leaves provide a larger surface area, thereby increasing photosynthetic efficiency. In contrast, Texas's shorter leaves, which offer less surface area, might limit photosynthetic capacity and result in lower yields.

Regarding petiole width, Ferragnes exhibited the widest petioles 1.20 mm, while Alçitepe had the narrowest 0.74 mm. The wider petioles in Ferragnes might facilitate more efficient transport of water and nutrients. Alçitepe's narrower petioles could be associated with a lower capacity for transporting these substances. Egea et al. (2012) emphasized that petiole width plays a crucial role in nutrient and water transport, affecting overall plant health and growth.

As for petiole length, the longest petiole was observed in Ferragnes 17.60 mm, and the shortest in Texas 13.80 mm. Longer petioles support better leaf positioning, which may increase the leaf's exposure to sunlight, aiding in photosynthesis. Trainin et al. (2022) suggested that longer petioles could result in more favorable light interception, thereby enhancing photosynthesis and growth.

The largest leaf area was found in Ferraduel 2501.6 mm², while the smallest was observed in Alçitepe 1230.9 mm². The larger leaf area of Ferraduel likely contributes to its higher photosynthetic capacity, enabling better growth and yield. Gohari et al. (2023) noted that larger leaf areas correspond to higher photosynthetic activity, which can promote plant growth and yield. The smaller leaf area in Alçitepe is indicative of reduced photosynthetic potential and may contribute to lower yields.

In terms of chlorophyll content (SPAD), the highest value was recorded in Ferraduel 41.50, while the lowest was found in Texas 37.38. Chlorophyll content is a key indicator of photosynthetic efficiency, and Ferraduel's higher chlorophyll content suggests that it has a better capacity for photosynthesis, leading to higher yield potential. Prgomet et al. (2020) stated that higher chlorophyll levels are associated with better growth and productivity. The lower chlorophyll content in Texas may suggest a lower photosynthetic capacity, which could result in reduced yield.

Conclusion

In this study, significant differences were observed among different almond local type concerning leaf morphology and pomological traits, and their effects on almond yield were evaluated. The results highlight that both leaf morphology and pomological traits play a crucial role in determining almond productivity.

The Alçitepe local type exhibited narrower leaves 21.24 mm, smaller leaf area 1230.9 mm² which resulted in lower yield and weaker leaf characteristics compared to other cultivars. These findings suggest that the Alçitepe local type may have limited photosynthetic capacity, which could negatively impact its yield potential.

On the other hand, cultivars such as Ferraduel and Ferragnes exhibited wider leaves (Ferraduel: 32.80 mm), higher chlorophyll content (Laurenne: 42.16), and larger leaf areas (Ferraduel: 2501.6 mm²), which enhanced their photosynthetic efficiency and contributed to their higher yield potential. Ferraduel demonstrated the largest leaves, highest leaf area, and the most significant chlorophyll content among all local type, indicating a superior photosynthetic capacity and, thus, higher energy production.

In terms of pomological characteristics, Alçitepe also showed a relatively lower performance, with reduced shell weight and shell thickness, leading to the lowest unshelled yield 22.26%. The heavy shell and thicker shell structure of Alçitepe may limit its unshelled yield. In contrast, the Texas local type had the highest unshelled yield 40.31% and was followed by Ferragnes. Ferragnes exhibited the lowest shell thickness and lighter shell structure, leading to higher unshelled yield compared to other cultivars.

Ferragnes and Texas also performed better than Alçitepe in terms of yield. The interaction between leaf morphology and pomological traits appears to be critical in determining the yield potential of almond local type. Leaf width, length, area, and chlorophyll content directly affect photosynthesis efficiency, which in turn impacts the growth and yield of the tree. Alçitepe's narrow leaves and low chlorophyll content seem to limit its photosynthetic capacity, resulting in lower yield, while Ferraduel and Ferragnes show higher photosynthetic efficiency due to their larger leaf size and higher chlorophyll content, which contribute to their higher yield potential.

Pomological traits also play a vital role in this process. Shell weight and thickness influence the shell-to-kernel ratio, affecting the overall yield. Texas and Laurenne had thinner shells, resulting in higher unshelled yields, while Alçitepe's thicker shell limited its unshelled yield. These findings indicate that the relationship between leaf morphology and pomological traits is a crucial factor in determining the overall productivity of almond local type.

Future studies should further investigate the combined effects of environmental factors and genetic traits on leaf morphology and pomological characteristics. Moreover, integrated evaluation of leaf traits and pomological data could contribute to the development of more efficient and high-yielding almond cultivars. The results of this study suggest that leaf morphology and pomological traits should be considered as key selection criteria in almond breeding programs to enhance yield potential.

In conclusion, local type such as Alçitepe, with lower photosynthetic capacity and weaker pomological traits, exhibit lower yields compared to cultivars like Ferraduel and Ferragnes, which demonstrate superior photosynthetic efficiency and pomological characteristics. This study emphasizes the importance of considering both leaf morphology and pomological traits when selecting high-yielding almond cultivars for cultivation and breeding programs. The findings also underscore the need for further studies that assess the combined effects of these traits on almond productivity, which will ultimately aid in the selection and development of superior almond local type.

Acknowledgments

This research article was prepared with the findings obtained from a part of the doctoral thesis titled “Morphological and Molecular Characterization with Determination of Aroma Profiles of Some Local Genotypes in *Prunus* Genus”. This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: FDK-2024-4787.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Agegnehu, G., Ghizaw, A., Sinebo, W., 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *Eur. J. Agron.* 25: 202-207.
- Aktas, T., Polat, R., Atay, U., 2007. Comparison of mechanical properties of some selected almond cultivars with hard and soft shell under compression loading. *Journal of Food Process Engineering.* 30(6): 773-789.
- April, V. P., 2024. Health benefits and uses of almond oil. *Benefits.*
- Calle, A., Aparicio-Durán, L., Batlle, I., Eduardo, I., Miarnau, X., 2024. Review of agronomic and kernel quality traits of 273 almond cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 1-46.
- Chukwuma, I. F., Ossai, E. C., Nworah, F. N., Apeh, V. O., Abiazim, E. O., Iheagwam, F. N., Korzeniowska, M., 2024. Changes in nutritional, health benefits, and pharmaceutical potential of raw and roasted tropical almond (*Terminalia catappa* Linn.) nuts from Nigeria. *Plos one.* 19(1): e0287840.
- Du, F., Tan, T., 2021. Recent studies in mechanical properties of selected hard-shelled seeds: A review. *JOM.* 73(6): 1723-1735.
- Egea, G., González-Real, M. M., Baille, A., Nortes, P. A., Conesa, M. R., Ruiz-Salleres, I., 2012. Effects of water stress on irradiance acclimation of leaf traits in almond trees. *Tree Physiology.* 32(4): 450-463.
- El Bernoussi, S., Boujemaa, I., El Guezane, C., Bou-Ouzoukni, Y., Nounah, I., Bouyahya, A., Tabyaoui, M., 2024. Comparative analysis of nutritional value and antioxidant activity in sweet and bitter almonds. *LWT.* 206: 116587.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization, Crop Statistics. <http://fao.org/faostat/en/#data/QC>, Erişim Tarihi: 28.12.2024.
- Gohari, S., Imani, A., Talaei, A. R., Abdossi, V., Asghari, M. R., 2023. Physiological responses of almond genotypes to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology.* 70(6): 141.
- Gouta, H., Laaribi, I., Ksia, E., Juan, T., Estopañan, G., Martínez-Gómez, P., 2021. Physical properties, biochemical and antioxidant contents of new promising Tunisian almond genotypes: traits stability, quality aspects and post-harvest attributes. *Journal of Food Composition and Analysis.* 98: 103840.
- Khadivi, A., Goodarzi, S., Sarkhosh, A., 2019. Identification of late-blooming almond (*Prunus dulcis* L.) genotypes with high kernel quality. *Euphytica.* 215: 1-12.
- Khadivi-Khub, A., Etemadi-Khah, A., 2015. Phenotypic diversity and relationships between morphological traits in selected almond (*Prunus amygdalus*) germplasm. *Agroforestry Systems.* 89: 205-216.
- Khojand, S., Zeinalabedini, M., Azizinezhad, R., Imani, A., Ghaffari, M. R., 2024. Identification of the core collection in Iranian almond germplasm: utilizing morphological traits and evaluating biochemical properties of the collection. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 71(6): 3037-3059.
- Ladizinsky, G., 1999. On the origin of almond. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 46: 143-147.
- Ledbetter, C. A., 2008. Shell cracking strength in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb.) and its implication in uses as a value-added product. *Bioresource Technology.* 99(13): 5567-5573.
- Li, X., Liu, Y., Hao, J., Wang, W., 2018. Study of almond shell characteristics. *Materials.* 11(9): 1782.
- Lipan, L., Miarnau, X., Calle, A., Carbonell, Á., Sendra, E., Batlle, I., Romero, A., 2024. Factors influencing the almond kernel breakage during shelling processes and the impact of water conditioning on kernel color and free acidity. *LWT.* 117250.
- Mitra S.K., 2020. Temperate Fruits: Nuts and Berries. DAYA Publishing House. ISBN:9390371228, Vol. II.
- Moldero, D., López-Bernal, Á., Testi, L., Lorite, I. J., Fereres, E., Orgaz, F., 2021. Long-term almond yield response to deficit irrigation. *Irrigation Science.* 39: 409-420.
- Nortes, P. A., Gonzalez-Real, M. M., Egea, G., Baille, A., 2009. Seasonal effects of deficit irrigation on leaf photosynthetic traits of fruiting and non-fruiting shoots in almond trees. *Tree Physiology.* 29(3): 375-388.
- Prgomet, I., Pascual-Seva, N., Morais, M. C., Aires, A., Barreales, D., Ribeiro, A. C., Gonçalves, B., 2020. Physiological and biochemical performance of almond trees under deficit irrigation. *Scientia Horticulturae.* 261: 108990.
- Rahemi, A., Gradziel, T. M., 2024. Characteristics of almond species. In the almonds and related species: Identification, characteristics and uses (pp. 49-113). Cham: Springer International Publishing.
- Ranjbar, A., Imani, A., Piri, S., Abdoosi, V., 2021. Drought effects on photosynthetic parameters, gas exchanges and water use efficiency in almond cultivars on different rootstocks. *Plant Physiology Reports.* 26: 95-108.
- Reisman, E. D., 2020. Orchard Entanglements: political ecologies of almond production in California and Spain. University of California, Santa Cruz.
- Sideli, G. M., Mather, D., Wirthensohn, M., Dicenta, F., Goonetilleke, S. N., Martínez-García, P. J., Gradziel, T. M., 2023. Genome-wide association analysis and validation with KASP markers for nut and shell traits in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb). *Tree Genetics & Genomes.* 19(2): 13.
- Singar, S., Kadyan, S., Patoine, C., Park, G., Arjmandi, B., Nagpal, R., 2024. The effects of almond consumption on cardiovascular health and gut microbiome: A comprehensive review. *Nutrients.* 16(12): 1964.

- Uzun, A., Dirim, E., Yaman, M., Ünsal, H. T., 2024. Morphological and molecular evaluation of diversity in individuals obtained by intra-species hybridization in almond (*Prunus dulcis* L.). Genetic Resources and Crop Evolution. 71(3): 1291-1300.
- Wang, W., Wang, W., Wang, Y., Yang, R., Tang, J., Zhao, Y., 2020. Hot-air assisted continuous radio frequency heating for improving drying efficiency and retaining quality of inshell hazelnuts (*Corylus avellana* L. cv. Barcelona). Journal of Food Engineering. 279: 109956.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Germination Status of Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Seeds in Different Salt Water

Bilal Keskin^{1*}  Naim Uca¹ 

¹Iğdir University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Iğdir, Türkiye

*Corresponding author: bilalkeskin66@yahoo.com

Received Date:09.12.2024

Accepted Date: 14.06.2025

Abstract

This research was carried out according to the factorial experimental design in completely randomized with 4 replications in order to determine the germination status of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) seeds collected from 3 (three) locations, namely Suveren (A), Melekli (B) and Aşağı Çamurlu (C) of Iğdir, and Yalıçapkını and Maral varieties in salt water (100, 200 300 400 and 500 mM). According to different salinity water averages, birdsfoot trefoil seeds at location B showed higher normal germination than other genotypes. The abnormal germination rate of Maral variety was higher than other genotypes. There were decreases in normal germination rates of seeds due to increase in salt-water concentrations. Normal germination rate decreased to 1.7% at the highest salinity concentration (500 mM). Germination rate decreased from 78.3% to 69.6% at 100 mM level of salt water compared to control. At 200 mM level of salt water, the germination rate decreased to 23.4%. According to the research results, while there was a significant decrease in germination in other genotypes and varieties at 300 mM salinity level, a high rate of germination was observed in seeds collected in location B. Seeds collected in location B showed higher salt tolerance than seeds and varieties collected in other locations.

Keywords: *Lotus corniculatus*, seed vigor, salinity, population, variety

Farklı Tuzlu Sularda Gazal Boynuzu (*Lotus corniculatus* L.) Tohumlarının Çimlenme Durumu

Öz

Bu araştırma Iğdir'in Suveren (A), Melekli (B) ve Aşağı Çamurlu (C) olmak üzere 3 (üç) lokasyonda toplanan gazal boynuzu tohumları ile Yalıçapkını ve Maral çeşitlerinin tuzlu suda (100, 200 300 400 ve 500 mM) çimlenme durumlarının belirlenmesi amacıyla tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Farklı tuz su ortalamalarına göre, B lokasyonundaki gazal boynuzu tohumları diğer genotiplerden daha yüksek normal çimlenme göstermiştir. Maral çeşidinin anormal çimlenme oranı diğer genotiplerden daha yüksek olmuştur. Tuzlu su konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak tohumlardaki normal çimlenme oranlarında azalmalar olmuştur. En yüksek tuzluluk konsantrasyonunda (500 mM) normal çimlenme oranı %1.7'ye kadar düşmüştür. Kontrole göre tuzlu suyun 100 mM seviyesinde çimlenme oranı %78.3'ten %69.6'ya düşmüştür. Tuzlu suyun 200 mM seviyesinde çimlenme oranı % 23.4'e düşmüştür. Araştırma sonuçlarına göre 300 mM tuzluluk seviyesinde diğer genotip ve çeşitlerde önemli oranda çimlenmede düşüş olurken, B lokasyonunda toplanan tohumlarda yüksek oranda çimlenme görülmüştür. B lokasyonunda toplanan tohumlar diğer lokasyonlarda toplanan tohum ve çeşitlerden daha yüksek tuza dayanıklılık göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Gazal boynuzu, çimlenme, tuzluluk, popülasyon, çeşit

Introduction

Soil salinity is a significant global issue that decreases the diversity of plant life and agricultural products worldwide. In semiarid and arid regions, poor drainage, high evaporation rates, low precipitation, agricultural practices, and specific soil conditions are the primary causes of salinity. Excessive salt in the soil deteriorates the soil structure and this reduces crop yield and quality. Salt stress causes many diseases as well as various developmental processes in plants at the morphological, cellular, physiological and molecular levels. Cultivating plants in soils that face

issues such as salinity, alkalinity, and poor drainage poses significant challenges. To successfully produce plants in these areas, it's essential to either improve the soil conditions related to salinity, alkalinity, and drainage or to plant species that are resistant to these challenges. While climate change has an impact in many areas, it also causes salinity and alkalinity problems in soils. In arid and semi-arid regions, insufficient rainfall or excessive and irregular irrigation causes agricultural lands to become salinized and alkalinized (Keskin and Temel, 2024). There are 954 million hectares of land affected by salinity in the world and agricultural production has been restricted in these areas (Temel ve Şimşek, 2011). Natural rangeland are rich in genetic resources and diversity due to the variety of plant species they contain. When these plant species are destroyed, it results in the loss of invaluable genetic resources as well.

Lotus species include about 200 species and are generally adapted to temperate and humid regions. *Lotus* species generally include species resistant to cold winter conditions (Beuselinck and Grant, 1995; Díaz et al., 2005). Species from the *Lotus* genus typically thrive in challenging conditions, as they can grow in saline, acidic, alkaline, heavy, and poorly drained soils. (Galloway et al., 2010; Azarafshan and Abbaspour, 2014; Büyükyıldız et al., 2023). The most cultivated species within the *Lotus* genus is *Lotus corniculatus*. The *corniculatus* is a perennial legume plant widely grown in different parts of the world. *Lotus corniculatus* is mostly cultivated in Europe, North and South America (Díaz et al., 2005). *Lotus corniculatus* is more resistant to drought conditions than many *Lotus* species (Peterson et al., 1992; Blumenthal and McGraw, 1999).

Due to its high tannin content, it does not cause bloating in animals grazing the plant, and it also has high crude protein and low fiber contents. *Lotus corniculatus* is also rich in flavan, saponin, coumarin, phenolic compounds, sterols, glycosides and mineral contents (Carter et al., 1999; Gebrehiwot et al., 2002; Uzun and Ocak, 2018; El-Gazzar et al., 2022). It is among the plants used in the improvement of rangeland (Özpınar et al., 2019; Ferat et al., 2008).

It was carried out to determine the germination capacities in different salt-water of the registered birdsfoot trefoil seeds and the seeds collected from natural areas of the plant, which has important features such as having high feed value, improving the soil and providing nitrogen to the soil, being tolerant to salinity and not causing bloat in animals. In this study, it will be seen whether the birdsfoot trefoil seeds collected in natural areas can be used alone or as a mixture in fields, meadows and pastures with salinity problems and whether these collected genotypes can be used in cultivation and breeding studies.

Materials and Methods

In the research, *Lotus corniculatus* populations collected from Suveren (A), Melekli (B) and Aşağı Çamurlu (C) locations in the center of Iğdır and the seeds of Maral and Yalıçapkını varieties of *Lotus corniculatus* provided by the Aegean Agricultural Research Institute were used.

A high rate of dormancy is observed in birdsfoot trefoil seeds collected in natural areas, and it is recommended that the best method to break this dormancy is to soak the seeds in sulfuric acid for 12 minutes (Uca, 2024). Before starting the germination experiments, birdsfoot trefoil seeds collected in natural areas were soaked in 95-98% sulfuric acid for 12 minutes and then the seeds were washed with pure water (Uca, 2024). For surface sterilization of the seeds, they were kept in 2% sodium hypochlorite for 10 minutes.

Saline waters were prepared at concentrations of 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mM. Firstly, 58.5 g of NaCl was weighed and dissolved in 1000 ml of water to obtain 1 (one) molar salt water. To prepare salt water at different concentrations, 100, 200, 300, 400 and 500 mM water was taken from the previously prepared 1 molar salt water and 900, 800, 700, 600 and 500 ml of pure water were added, respectively, to complete the volume to 1000 ml. After placing coarse filter paper into each petri dish, 25 surface sterilized seeds were placed and 10 ml of salt water was added (Herrera and Pinto, 2009). In the first salt water application, 2% of a fungicide containing 80% thiram was added to the salt water to protect the seeds from pathogen damage. Each application was prepared in 4 (four) replications and germination status was monitored for 15 days in a cooled incubator set at 20/30 °C, where the highest germination rate was determined (Uca, 2024). When water was reduced in the petri dishes, the filter paper was changed to prevent salt accumulation, and then salt water was added. Seeds with a radicle length of 2 mm were considered normal seeds. On the last day of the germination application, seeds

with a radicle length of 2 mm were counted as normal germination, seeds that did not reach 2 mm were counted as abnormal germination, and seeds that did not germinate were counted as dead seeds. Normal (N), abnormal (A) and dead seed (D) rates were determined according to the formula below (SCST, 1993).

$N, A, D \text{ germination rate (\%)} = (\text{seed germination status} / \text{number of seeds in the germination container}) \times 100$

Statistical Analyses

The data obtained from the research were subjected to variance analysis according to the factorial experimental design in completely randomized with 4 replications in the JMP 5.0.1 package program. The comparison and grouping of the means that were significant as a result of variance analysis were done according to the LSD test.

Results and Discussion

The variance analysis table for different genotypes and salt-water applications is given in Table 1. Genotype, saline water treatments and genotype x saline water treatments interaction had significant effects on normal germination and dead seed rates. Only the effect of genotype on abnormal germination was statistically significant.

Table 1. Variance analysis results of germination in salt water

Varyasyon kaynakları	Normal (%)	Abnormal (%)	Dead seed (%)
Genotip (G)	5.65**	11.13**	3.82**
Salinity (S)	355.9**	1.48 ns	328.9**
G x S int.	10.82**	1.02 ns	9.74**

**: Significant at 1% level, ns: not significant,

According to the average of saline water applications, the normal germination rate of seeds belonging to the genotypes varied between 27.2% and 37.9%, the abnormal germination rate varied between 3.2% and 7.5% and the dead seed rate varied between 57.4% and 65.4%. Birdsfoot trefoil genotypes collected at location B showed higher normal germination and lower dead seed ratio than other genotypes. Abnormal germination rate was high in Maral variety. Increased salt concentration in water caused a decrease in normal germination rate and an increase in the rate of dead seeds. (Table 2). Plant species and varieties show different levels of resistance to salinity (Teakle et al., 2006; Galloway et al., 2010; Azarafshan and Abbaspour, 2014; Hajri et al., 2018; Keskin et al., 2023). This situation is due to the genetic characteristics of the plants.

Table 2. Germination rates in different salt water applications (%)

Genotip	Normal (%)	Abnormal (%)	Dead seed (%)
A	31.8 b	4.0 cd	64.2 a
B	37.9 a	4.7 bc	57.4 b
C	31.0 bc	5.5 b	63.5 a
Yalıçapkını	31.8 b	3.2 d	65.0 a
Maral	27.2 c	7.5 a	65.4 a
Tuzluluk (T)			
Control	78.3 a	4.0	17.7 e
100 mM	69.6 b	5.0	25.4 d
200 mM	23.4 c	4.8	71.8 c
300 mM	14.6 d	4.6	80.8 b
400 mM	4.1 e	5.8	90.1 a
500 mM	1.7 e	5.6	92.7 a

There is no statistically significant difference between numbers indicated by the same letters.

The normal germination rates of birdsfoot trefoil seeds at A location were significantly affected in 100 mM saline water. The normal germination rates of birdsfoot trefoil seeds at location B started to decrease after 300 mM saline water level. On the other hand, the normal germination rates of seeds at

location C and seeds of Yalıçapkını and Maral varieties decreased significantly after 100 mM salt-water application. Birdsfoot trefoil genotypes responded differently to germination in salt water (Figure 1).

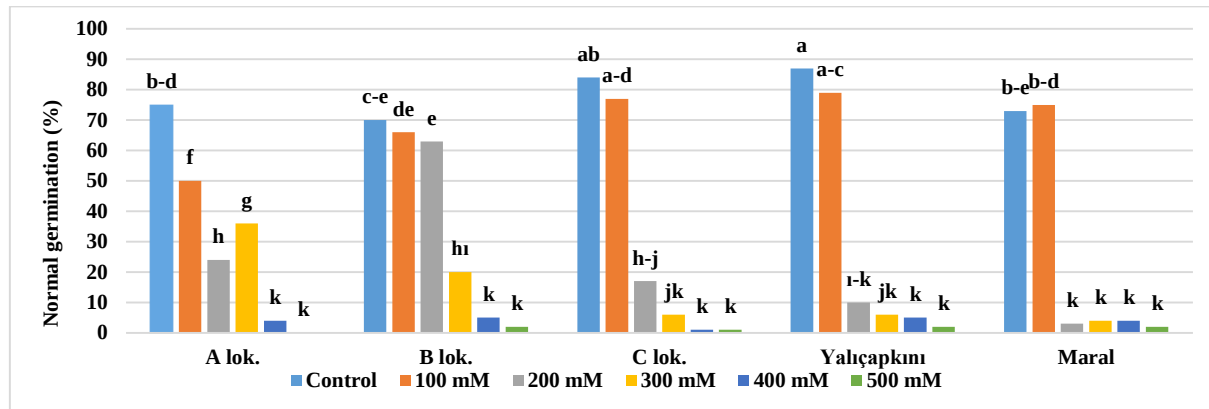


Figure 1. Normal germination rates in genotype and saline water treatment (%)

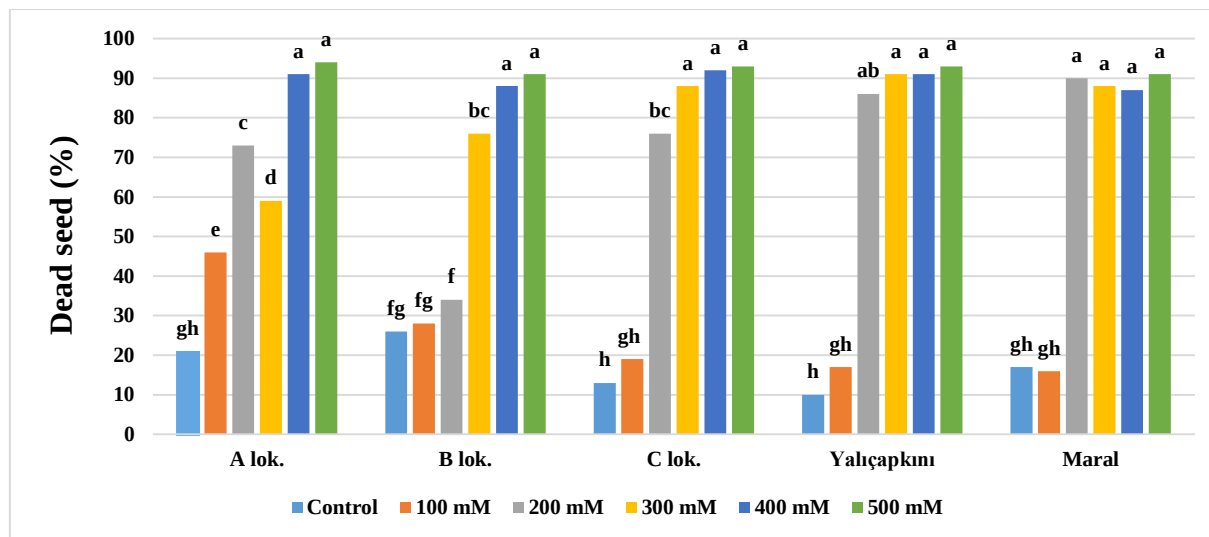


Figure 2. Dead seed rates in genotype and saline water treatment (%)

The normal germination rates of birdsfoot trefoil seeds at location A were significantly affected in 100 mM saline water. The normal germination rates of birdsfoot trefoil seeds at location B started to decrease after 300 mM saline water level. On the other hand, the normal germination rates of seeds at location C and seeds of Yalıçapkını and Maral varieties decreased significantly after 100 mM salt-water application. Birdsfoot trefoil genotypes responded differently to germination in salt water (Figure 1).

The highest dead seed ratio was obtained in 400 mM and 500 mM saline water applications to seeds in locations A and B, while 300 mM, 400 mM and 500 mM saline water applications to seeds in location C were obtained. On the other hand, the highest dead seed rates in Yalıçapkını and Maral varieties were obtained in 200 mM, 300 mM, 400 mM and 500 mM salt water applications. (Figure 2).

Birdsfoot trefoil is resistant to salty soils and is among the plants that can be grown in salty soils (Uzun et al., 2008). Birdsfoot trefoil can sustain plant development up to 400 mM salinity level (Teakle et al., 2006). The study conducted by Valiente et al. (2007) determined that there was no significant decrease in seed germination in 200 mM saline water application of *Lotus creticus* seeds compared to the control. In the study conducted by Galloway et al. (2010), it was reported that *Lotus corniculatus*, *Lotus tenuis* and *Lotus pedunculatus* species gave different responses to saline water application. They reported that there was no significant decrease in yield up to 150 mM saline water level. Azarafshan and Abbaspour (2014) reported that different varieties of *Lotus corniculatus* responded differently to saline water treatment and plant growth was significantly affected with increasing saline water treatment. It has been reported that the salt tolerance of *Lotus creticus* and *Lotus ornithopodioides* seeds collected in natural environments is different and that they are resistant to saline water levels up to 150 mM and 250

mM depending on the locations (Hajri et al., 2018). As seen in previous studies, it has been reported that species of the *Lotus* genus and natural populations and varieties of the *Lotus corniculatus* species respond differently to salt water application. This shows that there is a great diversity in the genetic structure of birdsfoot trefoil developing in different natural areas.

Conclusion

According to the research results, there were decreases in the normal germination rate of seeds due to the increase in the amount of salt in the water. At the highest salinity level (500 mM), 1.7% of the seeds had normal germination. There were significant decreases in normal germination rates in seeds at location A immediately after control application and in seeds at location C and in seeds of Yalıçapkını and Maral varieties after 100 mM saline water level. On the other hand, in the seeds at location B, significant decreases in normal germination began to be observed after the 300 mM saline water level. Compared to other genotypes and varieties, seeds collected in location B in high saline water showed higher germination. By setting up trials in pots and fields with saline environments, the seedling and plant development status of this plant can be investigated and its usage status can be revealed and it can also be used in breeding studies.

Acknowledgments

This work supports the study summarized from the Naim UCA MSc thesis, which was funded by the İGDIR UNIVERSITY Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No ZİF0424Y12), Türkiye.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Azarafshan, M., Abbaspour, N., 2014. Growth and physiological parameters under salinity stress in *Lotus corniculatus*. Iranian Journal of Plant Physiology. 4(2): 991-997.
- Beuselinck, P., Grant, W., 1995. Birdsfoot trefoil. In: Barnes, R.F, Miller, D.A, and Nelson, C.J. (eds.) Forages, 5th edn. Vol. 1, An Introduction to Grassland Agriculture. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 237-248.
- Blumenthal, M., McGraw R., 1999. *Lotus* adaptation, use and management. In: Beuselinck P, (ed.) Trefoil: The science and technology of *Lotus*. Volume 28. American Society of Agronomy, pp. 97-120.
- Büyükyıldız, S., Yıldırım, M., Kurt, A.N., 2023. The effect of salt stress on the germination and seedling growth parameters in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). Black Sea Journal of Agriculture. 6(2): 126-133.
- Carter, E.B, Theodorou, M.K, Morris, P., 1999. Responses of *Lotus corniculatus* to environmental change. 2. Effect of elevated CO₂, temperature and drought on tissue digestion in relation to condensed tannin and carbohydrate accumulation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79(11): 1431-1440.
- Díaz, P., Borsani, O., Monza, J., 2005. *Lotus*-related species and their agronomic importance. In: Márquez, A.J. (eds) *Lotus japonicus* Handbook. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3735-X_2
- El-Gazzar, N.S., Abdallah, R.M., Hammoda, H.M., Sallam, S.M., 2022. Chemical constituents and biological activities of genus *Lotus*: An updated review. Records of Pharmaceutical and Biomedical Sciences. 6(2):
- Galloway, A., Cables, J., Parsons, D., Lane, P., Hall, E., 2010. Growth and development of *Lotus* and *Trifolium* species under saline and waterlogging conditions. In 'Food Security from Sustainable Agriculture. Proceedings of 15th Agronomy Conference'. pp. 15-18.
- Gebrehiwot L, Beuselinck P.R. Roberts, C.A., 2002. Seasonal Variations in condensed tannin concentration of three *Lotus* Species. Agronomy Journal. 94(5): 1059-1065.
- Hajri, R., Ouhibi, C., Mechri, M., Kourda, H., Younes, M.B., 2018. Salinity and water deficit effects on seed germination and recovery of *Lotus* populations from northern Tunisia. Pakistan Journal of Botany. 50(6): 2085-2090.
- Herrera, J.D., Pinto, M., 2009. Importance of ionic and osmotic components of salt stress on the germination of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selections. Chilean Journal of Agricultural Research. 69(4): 477-485.
- Keskin, B., Temel, S., Tohumcu, S.A., 2023. Determination of forage yield performance of different *Chenopodium quinoa* cultivars in saline conditions. Zemdirbyste-Agriculture. 110(2): 149-156.

- Keskin, B., Temel, S., 2024. Saltwort (Soda Otu) (*Salsola* spp.), Z. Acar, M. Tan, S. Temel (Ed.), Alternative feed sources (Alternatif yem kaynakları), 8. chapter, pp: 85-94, Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978-625-371-823-7. E-ISBN: 978-625-371-824-4.
- Özpınar, H., Avcı, M., Acar, A. A., Aksu, S., İnal, F. N., Ay, E., İnal, İ., Gündel, F.D., Aktaş, A., Hatipoğlu, R., 2019. Determination of yields of Bird's-foot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Genotypes Under Mediterranean Climatic Conditions. ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute. 29(1): 15-24.
- Peterson P.R., Sheaffer C.C., Hall M.H., 1992. Drought effects on perennial forage legume yields and quality. Agronomy Journal. 84(5): 774-779.
- SCST, 1993. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology. 16(3): 1-113.
- Teakle, N.L., Real, D., Colmer, T.D., 2006. Growth and ion relations in response to combined salinity and waterlogging in the perennial forage legumes *Lotus corniculatus* and *Lotus tenuis*. Plant and Soil. 289: 369-383.
- Temel, S., Şimşek, U., 2011. Desertification Process of Iğdır Plain Soils and Solution Suggestions. Alinteri Journal of Agriculture Science. 21(2): 53-59.
- Uca, N., 2024. Different temperature, dormancy breaking applications and salty effects of water on seed viability of *Lotus corniculatus*. Iğdır University Postgraduate Education Institute, Master's Thesis.
- Uzun, F., Sulak, M., Uğur, S., 2008. The important of birdsfoot trefoil species for Turkey. Turkish Journal of Scientific Reviews. (2): 45-54.
- Uzun, F., Ocak, N., 2018. Soil preferences, neighbor plants and feed values of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) and narrowleaf birdsfoot trefoil (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) grown in natural flora. Anadolu Journal of Agricultural Sciences 33(1): 37-46.
- Valiente, C.L., Estrellés, E., Soriano, P., Picó, J., 2007. Germinative response of *Lotus creticusto* different temperatures and salinity conditions. Lotus Newsletter. 37(2): 69-70.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Analysis of Land Cover/Use Change According to Geographical Regions in Türkiye

Merve Küçük^{1*}  Şerife Tülin Akkaya Aslan¹ 

¹Bursa Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Bursa, Türkiye

*Corresponding author: mervekucuk@uludag.edu.tr

Received Date: 29.01.2025

Accepted Date: 20.05.2025

Abstract

Differences in climate, rainfall, geographical structure, and human impact play a decisive role in land cover/use. For this reason, land cover/use and changes in different regions can happen differently. In this respect, our country has various land cover and land use. This study examined the changes in the use of land/cover in seven geographical regions: Marmara, Black Sea, Aegean, Mediterranean, Central Anatolia, Eastern Anatolia, and Southeastern Anatolia in our country. In the study, regional changes were identified and interpreted by using Corine land cover/use data and the ArcGIS program for 1990, 2000, 2006, 2012, and 2018. The data obtained indicates that artificial regions in all regions of our country are increasing in class areas. The pressure of the increase in artificial regions class and other land cover/use on the forest and seminatural areas class has attracted attention. Forest and seminatural field classes have been reduced in all regions. Since each of the land cover/usage classes is of special importance for our country, evaluating the changes in the regional characteristics is emphasized.

Keywords: CORINE, Geographical Regions, Land Cover/Use, Türkiye

Türkiye’de Coğrafi Bölgelere göre Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişiminin İncelenmesi Öz

İklim, yağış miktarı, coğrafi yapı ve insan etkisi gibi farklılıklar arazi örtüsü/kullanımı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle arazi örtüsü/kullanımı ve meydana gelen değişimler farklı bölgelerde farklı şekillerde kendini gösterebilmektedir. Bu açıdan ülkemiz arazi örtüsü ve arazi kullanımında geniş bir çeşitliliğe sahiptir. Bu çalışmada; Marmara, Karadeniz, Ege, Akdeniz, Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere ülkemizdeki yedi coğrafi bölgede arazi/örtüsü kullanımında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışmada 1990, 2000, 2006, 2012, 2018 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü/kullanımı verileri ve ArcGIS programı kullanılarak bölgesel değişimler belirlenerek ve yorumlanmıştır. Elde edilen veriler; ülkemizin tüm bölgelerinde yapay bölgeler sınıf alanlarının arttığını göstermektedir. Yapay bölgeler sınıfı ve diğer arazi örtüsü/kullanımı sınıf alanlarındaki artışın orman ve yarı doğal alanlar sınıfı üzerindeki baskısı dikkat çekmiştir. Orman ve yarı doğal alanlar sınıfına ait alanlar tüm bölgelerde azalmıştır. Arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının her biri ülkemiz açısından ayrı öneme sahip olduğundan meydana gelen değişimler bölgesel özelliklerde dikkate alınarak değerlendirilmesinin önemine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CORINE, Coğrafi Bölgeler, Arazi Örtüsü/Kullanımı, Türkiye

Introduction

Land cover/use change (LC/LU) is a global issue that has an essential role in the sustainable management of natural resources (Roy et al., 2014; Olorunfemi et al., 2022). Land cover/use change is a crucial factor that can affect soil and water resources, biodiversity, and the balance of ecosystems. Sudden and rapid changes can negatively impact food security, human health, and global climate change (Falcucci et al., 2007; Padonou et al., 2017; Perović, 2018; Göncüler and Köylü, 2024). For this reason, changes in land cover/use need to be identified and monitored.

Because it was not technically possible to follow the land cover/use changes that occurred in the past quickly and up-to-date, therefore the rapid and uncontrolled change could not be prevented (Kara

and Karatepe, 2012). Nowadays, with the development of remote sensing and GIS methods, determining the land cover/use and monitoring the changes regularly is relatively fast, easy, and economical (Ateşoğlu, 2016). CORINE is land cover/use data produced by computer-aided visual interpretation from satellite images according to the land cover classification determined by the European Environment Agency. It allows changes in land cover/use to be easily defined and monitored regularly (Anonymous, 2024a).

The first CORINE land cover/use dataset was produced in 1990. CORINE data is updated every 6 year. CORINE data for the years 2000, 2006, 2012 and 2018 were produced. The CORINE LU/LC classification consists of 5 basic classes at the first level, namely artificial regions, agricultural areas, forest and semi-natural areas, wetlands and water bodies. These classes are divided into 15 sub-classes at the second level and 44 sub-classes at the third level (Anonymous, 2024a; Anonymous, 2024b). CORINE data is an important source used in the world in analyzing land cover/use changes at regular intervals.

Decisions regarding planning and management of land cover and land use are often taken at the local or regional level (Polat and Yalçın, 2020). There is a lot of research on land cover and land use change at the provincial level in Türkiye (Türker, 2021; Demir, 2022; Karaoğlu and Erdel, 2022; Çelik and Yakar, 2023; Küçük, 2024). While these studies provide important results for specific provinces, conducting such analyses on a larger, regional scale could allow for a more extensive evaluation.

Geographical regions are large areas that show a general integrity regarding natural and human (socio-economic) characteristics (Özçağlar, 2003). Türkiye has seven geographical regions: Marmara, Aegean, Mediterranean, Central Anatolia, Black Sea, Eastern Anatolia, and Southeastern Anatolia. This study aims to reveal the changes in land cover/use in Türkiye regionally. The aim of the study is to create a perspective for regional planning that can be done regarding sustainable use of land and water resources.

Materials and Methods

CORINE data and the ArcGIS program were used to investigate land cover/use in the regions. CORINE (Coordination of Information on the Environment) is land cover/use data produced from satellite images according to the classification determined by the European Environment Agency. The minimum mapping scale in the data is 1:100,000, the width of the classes showing linear features is minimum 100 m, and the minimum area size of the relevant class is 25 ha. Level 1 classification consists of 5 basic classes: artificial regions, agricultural areas, forest and semi-natural areas, wetlands and water bodies (Anonymous, 2024a). In the first step, CORINE land cover/use classification data for 1990, 2000, 2006, 2012, and 2018 were downloaded in vector format from the Copernicus website (Anonymous, 2024b). Afterwards, the country and province border data were downloaded from the Türkiye Ministry of National Defence Directorate General for Mapping website (Anonymous, 2024c). After the download process, CORINE data, the Türkiye border map, and the “clip” command in the ArcGIS program were used to create Türkiye land cover/use data, and the necessary projection transformation was made. A map of Türkiye's regions was created using provincial border data (Figure 1). Land cover/use data obtained for Türkiye were clipped according to the boundaries of the geographical areas of our country. Using the “dissolve” command in ArcGIS, CORINE level 1 land cover/use data for each of the geographical regions in Türkiye were obtained. The data obtained are given in the study with tables and maps. 28-year change of land/cover use in seven geographical regions of Marmara, Black Sea, Aegean, Mediterranean, Central Anatolia, Eastern Anatolia, and Southeastern Anatolia was examined and interpreted.

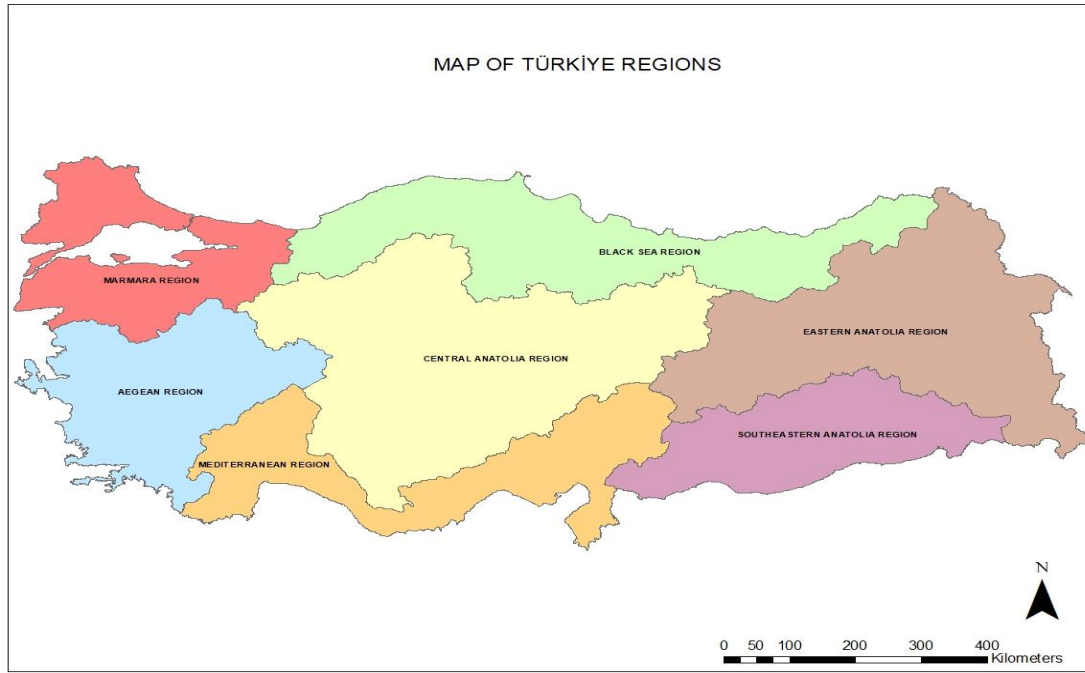


Figure 1. Geographical regions map of Türkiye

Results and Discussion

Land Cover/Use Change in the Marmara Region

The Marmara region is the most developed region of Türkiye in every aspect. Although the Marmara Region is small in terms of surface area compared to other regions, it is a region where approximately one-fourth of the population of Türkiye lives. Due to the constant migration to the region, the population density is well above the Turkish average. It is the region with the highest rate of urbanization in Türkiye due to its high population density and high immigration (Anonymous, 2024d). It is observed that artificial surface areas in the Marmara region increased between 1990 and 2018, reaching 151 145.69 hectares, while its ratio in the region increased from 2.66% to 4.75% (Table 1). Agricultural areas have increased by 65 302.42 hectares in the 28-years. While the ratio of agricultural lands at the regional level was 49.69% in 1990, this ratio increased to 50.59% in 2018. There was no significant change in the proportion of agricultural land between 2006 and 2018. Forest and seminatural areas have decreased continuously over the 28-years. When comparing the years 1990 and 2018, it was determined that there was a loss of 234 826.49 hectares of land in forest and seminatural areas, decreasing by 3.25%. Wetlands are the CORINE class that has the least area and changes in the Marmara region. It is observed that there is a continuous increase in the class of water bodies. The proportion of water bodies increased from 1.33% (in 1990) to 1.59% (in 2018). According to the data obtained in the Marmara region, it was concluded that there was a significant increase in artificial areas, agricultural areas, and water bodies, whereas forest and seminatural areas decreased, and there was no substantial change in wetlands in the specified 28-year period (Figure 2).

Table 1. Analysis of land cover/use change in the Marmara region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and Seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	191 849.24	2.66	3 587 274.59	49.69	3 327 514.43	46.09	16 890.34	0.23	96 318.07	1.33
2000	272 417.44	3.77	3 523 871.16	48.81	3 305 077.21	45.78	16 758.43	0.23	101 722.43	1.41
2006	297 017.53	4.11	3 653 593.36	50.60	3 149 199.52	43.62	16 848.41	0.23	103 187.85	1.43
2012	317 555.84	4.40	3 666 017.41	50.78	3 107 084.53	43.04	17 170.34	0.24	112 018.54	1.55
2018	342 994.93	4.75	3 652 577.01	50.59	3 092 687.94	42.84	17 091.11	0.24	114 495.69	1.59

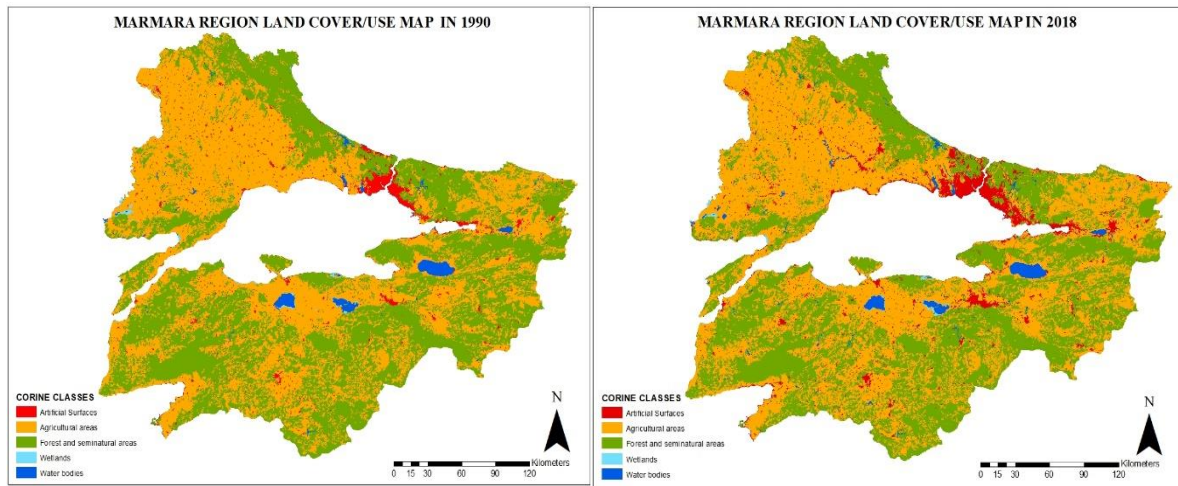


Figure 2. Land cover/use maps of the Marmara region between 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Aegean Region

When the change in land cover/use is examined, it is seen that the artificial area rate in the Aegean region, which was 1.74% in 1990, increased to 2.75% in 2018. It was determined that agricultural areas decreased between 1990-2000, increased between 2000-2012, and again reduced between 2012-2018 (Table 2). When the agricultural areas between 1990 and 2018 were compared, it was found that the agricultural areas increased by 78 086.23 ha. Forest and seminatural areas decreased by 1.99%. This decrease shows that 177 774.88 ha of forest and seminatural areas were converted to other land cover classes. There has also been a continuous decrease in the wetland class. When wetlands in 1990 and 2018 are compared, it is seen that there is a decrease of 11 873.06 ha. There has been an increase in the water bodies area, and the water bodies area, which was 66 881.46 ha in 1990, increased to 87 543.33 ha in 2018 (Figure 3).

Table 2. Analysis of land cover/use change in the Aegean region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and Seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	155 069.17	1.74	3 800 190.99	42.55	4 866 060.93	54.48	43 443.83	0.49	66 881.46	0.75
2000	203 056.15	2.27	3 767 501.23	42.18	4 848 608.56	54.29	40 043.01	0.45	72 437.40	0.81
2006	218 649.68	2.45	3 871 415.59	43.34	4 726 903.91	52.92	32 469.62	0.36	82 207.57	0.92
2012	232 400.12	2.60	3 883 179.90	43.48	4 696 861.79	52.59	32 286.15	0.36	86 918.40	0.97
2018	245 969.00	2.75	3 878 277.22	43.42	4 688 286.05	52.49	31 570.77	0.35	87 543.33	0.98

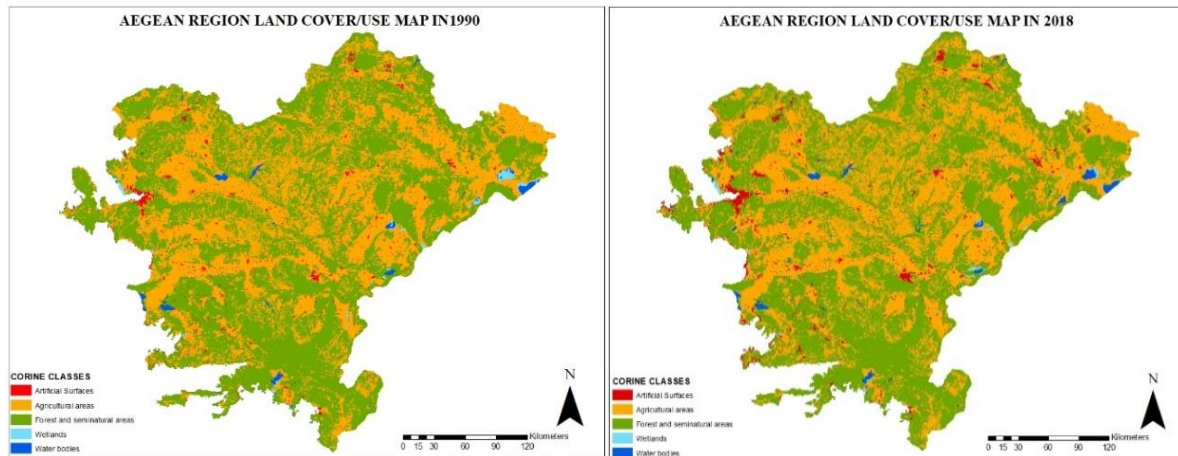


Figure 3. Land cover/use maps of the Aegean region between 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Black Sea Region

Although there was a decrease in the artificial area class area in the Black Sea region in 2006, it is observed that artificial areas increased in general. The ratio of artificial region area increased from 0.86% to 1.13% in 28 year period (Table 3). Agricultural land classes decreased between 1990-2000, then increased, and decreased again in 2018. When comparing the rates of 1990 and 2018, the agricultural land rate, which was 34.90% in 1990, increased to 36.41% in 2018. Accordingly, agricultural land has increased compared to 1990. It is seen that forest and seminatural areas are experiencing a constant decrease in the Black Sea region as in other regions. When the wetland class ratio was examined, it was determined that there was no change in 28 years (Figure 4). There has been an increase in the class of water bodies.

Table 3. Analysis of land cover/use change in the Black Sea region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	101472.05	0.86	4095017.06	34.90	7473160.54	63.69	11152.09	0.10	52063.02	0.44
2000	117662.58	1.00	4076552.00	34.74	7468028.88	63.65	11070.45	0.09	59550.84	0.51
2006	108770.90	0.93	4236923.31	36.11	7315785.81	62.35	11597.33	0.10	59787.68	0.51
2012	126212.81	1.08	4279049.28	36.47	7248763.92	61.78	12036.59	0.10	66808.62	0.57
2018	132485.79	1.13	4271427.17	36.41	7239729.66	61.70	12036.59	0.10	77192.01	0.66

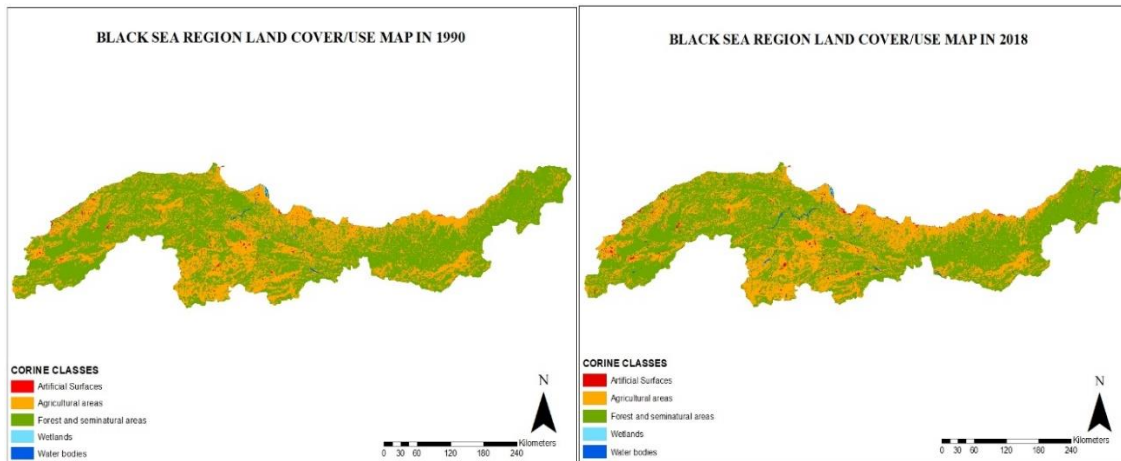


Figure 4. Land cover/use maps of the Black Sea region between 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Mediterranean Region

As in other regions, there has been an increase in artificial areas in the Mediterranean Region over time. The artificial areas have approximately doubled in 28 years. Although there was an increase of 22 452.26 ha in agricultural lands in the Mediterranean region between 2000 and 2006, there was a general decrease in agricultural lands (Table 4). It has been determined that there is a continuous decrease in forest and seminatural areas. When the forest and seminatural area was examined in 2018, it was seen that there was a decrease of 79 849.80 ha compared to 1990. It has been determined that there is a continuous increase in the wetlands and water bodies class areas in the Mediterranean region (Figure 5).

Table 4. Analysis of land cover use/change in the Mediterranean region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	99 232.00	1.10	3 217 261.00	35.80	5 515 424.70	61.38	18 914.52	0.21	135 117.28	1.50
2000	133 535.49	1.49	3 173 997.74	35.32	5 506 085.89	61.27	22 248.56	0.25	150 082.05	1.67
2006	154 422.28	1.72	3 19 6450.10	35.57	5 456 059.10	60.72	28 028.16	0.31	150 992.18	1.68
2012	178 297.72	1.98	3 177 435.70	35.36	5 444 166.54	60.59	29 865.90	0.33	156 219.43	1.74
2018	192 088.41	2.14	3 168 008.45	35.25	5 435 574.90	60.49	29 722.27	0.33	160 591.24	1.79

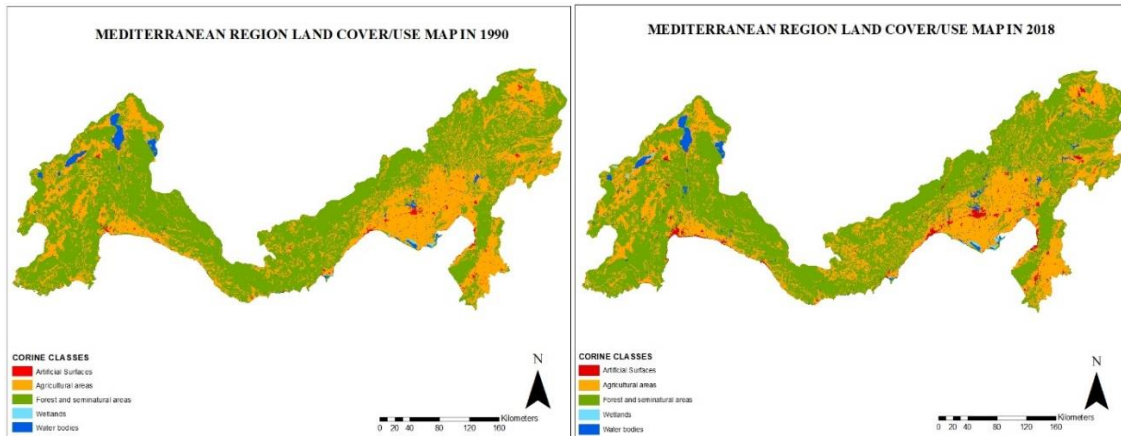


Figure 5. Land cover/use maps of the Mediterranean region between 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Central Anatolia Region

An increase in artificial areas was also observed in the Central Anatolia region. It has been determined that 125 105.51 ha of land has been converted into an artificial area. Agricultural areas decreased between 1990-2006, increased between 2006-2012, and then decreased again. When the years 1990-2018 are examined, it can be said that agricultural areas decreased by 16 802.43 ha (Table 5). There has been a continuous decrease in the forest and seminatural areas of the Central Anatolia region. When evaluated in general, the wetland class rate has increased in the Central Anatolia region. This increase is mainly between the years 2000-2006. The water bodies area, which was 267 701.40 ha in 1990, increased to 290 703.74 ha in 2018 (Figure 6).

Table 5. Analysis of land cover/use change in the Central Anatolia region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and Seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	246 962.81	1.31	10 278 778.60	54.70	7 889 891.97	41.99	108 640.86	0.58	267 701.40	1.42
2000	298 053.29	1.59	10 249 293.71	54.54	7 883 194.73	41.95	97 427.15	0.52	264 006.75	1.40
2006	314 349.81	1.67	10 209 138.13	54.33	7 741 596.96	41.20	255 240.87	1.36	271 649.87	1.45
2012	347 345.98	1.85	10 281 515.97	54.71	7 624 163.36	40.57	252 989.66	1.35	285 960.66	1.52
2018	372 068.32	1.98	10 261 976.17	54.61	7 611 914.20	40.51	255 313.21	1.36	290 703.74	1.55

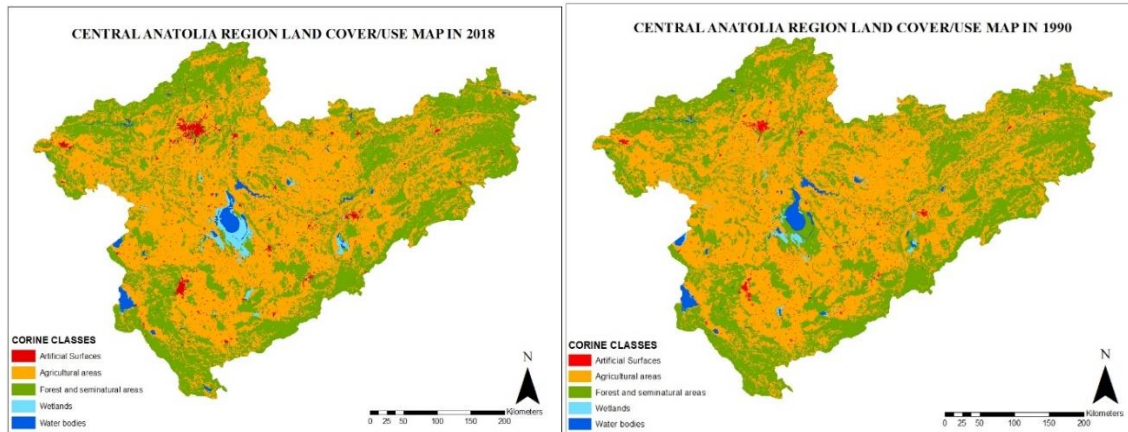


Figure 6. Land cover/use maps of the Central Anatolia region in 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Eastern Anatolia Region

When the Eastern Anatolia region is examined, the artificial surface area in this region has increased over the years. While 29.75% of the Eastern Anatolia region consisted of agricultural areas in 1990, this rate increased to 31.87% in 2018. Forest and seminatural areas have continuously decreased. The forest and seminatural areas class area was 10 026 956.96 ha in 1990, declined to 9 626 270.36 ha in 2018. In short, 400 686.60 ha of the forest and seminatural areas class has transformed into other land cover classes (Table 6). While the rate of the wetland class in Eastern Anatolia was 0.36% in 1990, this rate increased to 0.43% in 2018. Similarly, the rate of the water bodies class risen from 3.62% in 1990 to 3.75% in 2018 (Figure 7).

Table 6. Analysis of land cover/use change in the Eastern Anatolia region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and Seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	96 739.46	0.63	4 544 566.37	29.75	10 026 956.96	65.64	54 402.07	0.36	552 194.46	3.62
2000	105 764.64	0.69	4 538 231.63	29.71	10 021 057.37	65.60	54 372.25	0.36	555 433.94	3.64
2006	109 278.40	0.72	4 834 752.98	31.65	9 699 334.09	63.50	72 527.10	0.47	558 971.14	3.66
2012	133 438.83	0.87	4 868 894.49	31.87	9 637 407.20	63.09	66 186.22	0.43	569 158.24	3.73
2018	141 493.36	0.93	4 867 863.52	31.87	9 626 270.36	63.02	66 021.72	0.43	573 436.04	3.75

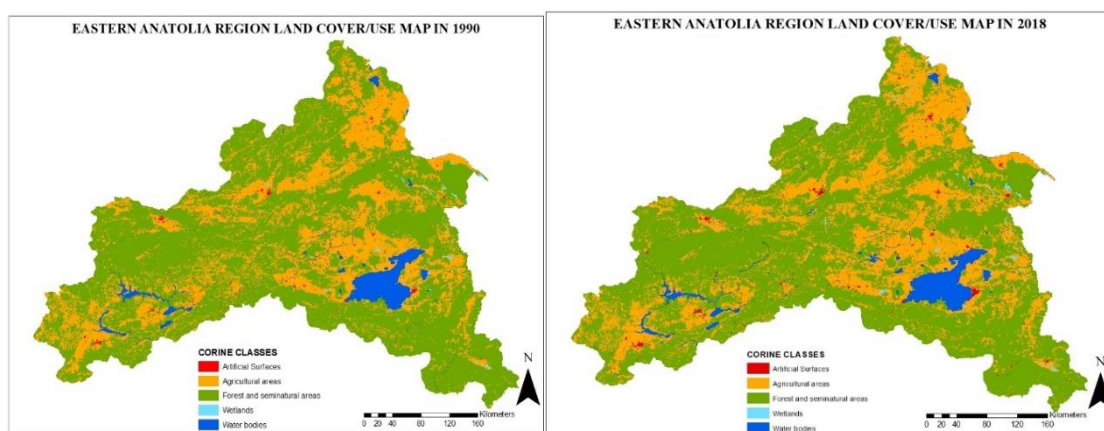


Figure 7. Land cover/use maps of the Eastern Anatolia region between 1990 and 2018

Land Cover/Use Change in the Southeast Region

In the Southeastern Anatolia Region, as in other regions, artificial areas have increased (Table 7). In 1990, artificial areas, which were 67 423.67 ha, approximately doubled and spread over an area of 133 071.55 ha. Agricultural areas decreased between 1990-2000, increased between 2000-2006, and then decreased again between 2006-2018. When comparing the years 1990-2018, agricultural areas have risen by 36 401.34 ha. Forest and seminatural areas have continuously decreased; 176 474.58 hectares of forest and seminatural areas were lost by being converted to other classes compared to 1990. There was no change in the wetland ratio between 1990 and 2006, and the wetland ratio increased to 0.07% in 2012. According to the results obtained, there is a continuous increase in the ratio of water bodies (Figure 8).

Table 7. Analysis of land cover/use change in the Southeastern Anatolia region

	Artificial Surfaces		Agricultural Areas		Forest and Seminatural areas		Wetlands		Water bodies	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1990	67 423.67	0.87	4 210 472.34	54.38	3 405 759.75	43.99	3 914.79	0.05	5 5034.90	0.71
2000	84 594.77	1.09	4 156 686.13	53.69	3 383 881.84	43.70	3 646.46	0.05	11 3796.25	1.47
2006	92 180.25	1.19	4 262 221.77	55.05	3 259 920.69	42.10	4 019.80	0.05	12 4272.58	1.61
2012	116 494.35	1.50	4 249 458.53	54.88	3 245 255.45	41.91	5 094.99	0.07	12 6363.43	1.63
2018	133 071.55	1.72	4 246 873.68	54.85	3 229 285.17	41.71	5 142.15	0.07	12 8294.20	1.66

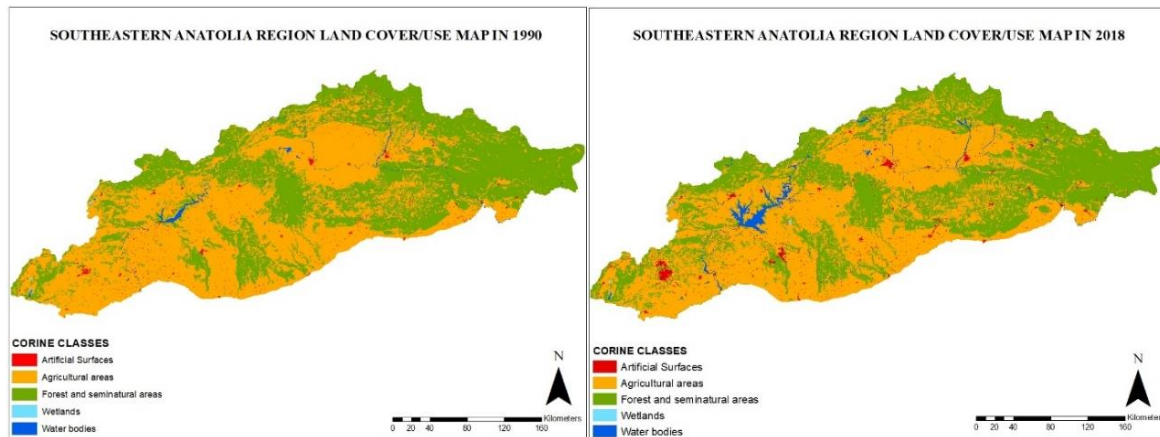


Figure 8. Land cover/use maps of the Southeastern Anatolia region in 1990 and 2018

Artificial Surfaces

The changes that have occurred in artificial regions in the 28 years are given in Figure 9. Artificial surfaces have increased in all geographical regions of Türkiye. The increase in the areas covered by artificial regions will increase the pressure on other land cover/use classes. It is thought that the unplanned and rapid spread in artificial surfaces may negatively affect the natural areas and agricultural areas around the city.

When the studies in the literature about land cover/use at the provincial level are examined, it is seen that similar results are obtained with land cover/use change at the regional level (Bayar and Karabacak, 2020; Polat and Yalçın, 2020; Türker, 2021; Demir, 2022; Karaoğlu and Erdel, 2022; Çelik and Yakar, 2023; Çoban and Uzun, 2023; Küçük, 2024). The studies emphasize similar trends, including the expansion of artificial surfaces, the decrease in agricultural and forested areas, and the impacts on wetlands and water bodies. Therefore, it is important to plan the developments in artificial surfaces, determine the spreading characteristics and directions of cities, and constantly monitor the changes that occur.

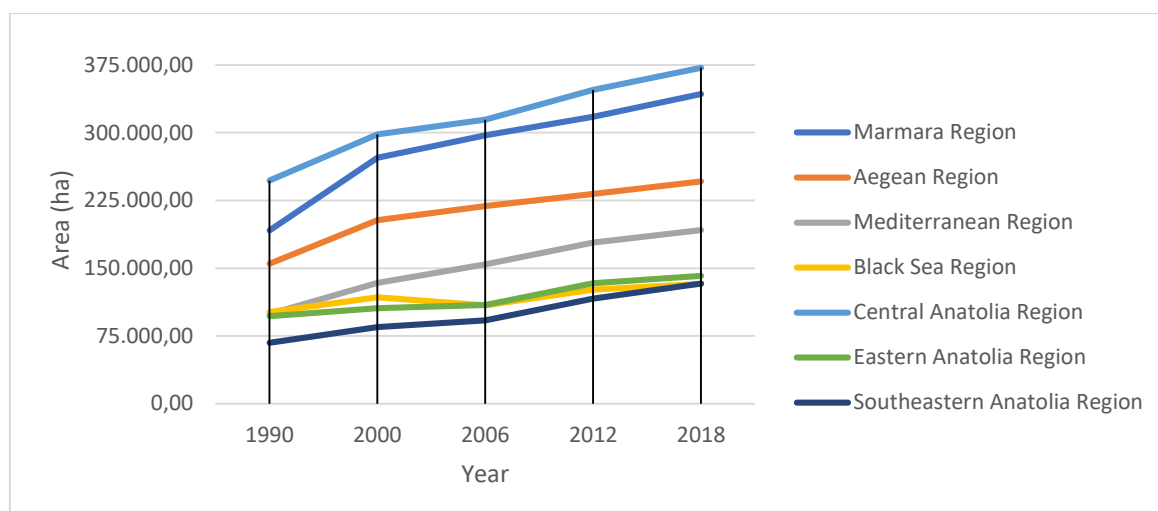


Figure 9. Artificial surfaces (1990-2018)

Conclusions

Planning for sustainable management of land and water resources allows for more efficient and long-term correct use of existing resources. Therefore, it is essential to evaluate changes in land cover/use over the years, to predict possible changes, and to monitor and control the changes that occur. Studies on land cover/use create a forecast for the future by revealing the current situation in land cover/use changes.

When the data from 1990 to 2018 were examined, it was determined that the highest increase in artificial surfaces occurred in the Marmara Region. The highest increase in agricultural areas was found in the Eastern Anatolia Region, while the highest decrease in agricultural areas was observed in the Mediterranean Region. The region with the greatest decrease in forest and semi-natural areas was identified as the Eastern Anatolia Region. Central Anatolia was found to have the highest increase in wetlands, whereas the Aegean Region experienced the greatest decrease. The highest increase in water bodies occurred in the Southeastern Anatolia Region.

The data obtained show that artificial surface class areas have increased in all regions. The pressure of the increase in artificial zones and other land cover/use class areas on the forest and seminatural areas class has attracted attention. Areas belonging to the forest and seminatural areas class have decreased in all regions. The sustainable management of our forests and their protection for the future are important issues. Türkiye forest ecosystems attract attention not only at the national level but also at the global level due to their rich biological diversity.

It is undeniable that artificial zone areas, which are increasing worldwide, are also increasingly spreading in our country. However, each land cover/use class is of different importance to our country, and it is crucial to determine the changes in land cover/use classes, carry out planning studies, and provide a forecast for the future. When the land cover class increases and puts pressure on other land cover classes or a land cover/use class continuously decreases, it is necessary to be evaluated.

Since geographical regions are large areas that show integrity regarding natural and human characteristics, determining the current status of land cover/use and regionally changes will create a broad perspective on the region. It is thought that examining land cover/use changes regionally can contribute to regional planning studies to ensure the continuity of land and water resources.

Acknowledgments

A section of this study was presented at the XV. International Agriculture Symposium "AGROSYM 2024" (10-13 October 2024) as a poster.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Anonymous, 2024a. Tarım ve Orman Bakanlığı, Corine Projesi. <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/kapsam.html> (09.09.2024)
- Anonymous, 2024b. Copernicus, Land Monitoring Service, Corine Land Cover. <https://land.copernicus.eu/pan-european> (09.09.2024)
- Anonymous, 2024c. Milli Savunma Bakanlığı, Harita Genel Müdürlüğü, Türkiye Mülki İdare Sınırları. <https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulki-idare-sinirlari/232> (09.09.2024)
- Anonymous, 2024d. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Marmara Bölgesi Coğrafi Özellikleri. <https://mthmm.csb.gov.tr/bolgemiz-i-85694> (15.10.2024)
- Ateşoğlu, A., 2016. Havza çalışmalarında kullanılan CORINE 2006 arazi sınıflandırma verilerinin doğruluğunun araştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 66(1): 173-183.
- Bayar, R., Karabacak, K., 2020. Arazi örtüsü üzerindeki beşerî etkinin belirlenmesi: Ankara ili örneği. *Coğrafya Dergisi*. 41: 29-43.
- Çelik, M.Ö., Yakar, M., 2023. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin uzaktan algılama ve CBS yöntemi ile İzlenmesi: Mersin, Türkiye örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*. 5(1): 43-51.
- Çoban, G., Uzun, O., 2023. Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Değişiminin Ekosistem Hizmetleri Bağlamında Değerlendirilmesi: Bilecik İli Örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*. 19(2): 62-83.
- Demir, M., 2022. CORINE sistemine göre Kars ilinde arazi örtüsü/arazi kullanımı, değişimi ve projeksiyonu. *Coğrafya Dergisi*. (43): 93-110.
- Falcucci, A., Maiorano, L., Boitani, L., 2007. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landscape ecology*. 22: 617-631.
- Göncüler, K.N., Köylü, Ü., 2024. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişim analizi ve geleceğe yönelik simülasyon modeli, Kayseri Melikgazi örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*. 40(1): 108-122.
- Kara, F., Karatepe, A., 2012. Uzaktan algılama teknolojileri ile Beykoz ilçesi(1986-2011) arazi kullanımı değişim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. (25): 378-389.
- Karaoğlu, M., Erdel, E., 2022. Iğdır ili arazi kullanımı/örtü değişiminin CORINE izlemesi ile değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 12(4): 2543-2557.
- Küçük, M., 2024. CORINE verileri kullanılarak Bursa ili arazi örtüsü/kullanımı değişiminin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Olorunfemi, I. E., Olufayo, A. A., Fasinmirin, J. T., Komolafe, A. A., 2022. Dynamics of land use land cover and its impact on carbon stocks in Sub-Saharan Africa: An overview. *Environment, Development and Sustainability*. 24(1): 40-76.
- Özçağlar, A., 2003. Türkiye’de yapılan bölge ayrımları ve bölge planlama üzerindeki etkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 1(1): 3-18.
- Padonou, E.A., Anne, M.L., Yvonne, B., Rodrigue, I., Brice, S., 2017. Mapping changes in land use/land cover and prediction of future extension of bowé in Benin, West Africa. *Land Use Policy*. 69: 85-92.
- Perović, V., Jakšić, D., Jaramaz, D., Koković, N., Čakmak, D., Mitrović, M., Pavlović, P., 2018. Spatio-temporal analysis of land use/land cover change and its effects on soil erosion (Case study in the Oplenac wine producing area, Serbia). *Environ Monit Assess*. 190(11): 675.
- Polat, P., Yalçın, F., 2020. Erzincan ili arazi kullanımının (2000-2018 yılları arası) CORINE sistemi ile değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 25(44): 125-150.
- Roy, H. G., Fox, D. M., Emsellem, K., 2014. Predicting land cover change in a Mediterranean catchment at different time scales. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2014: 14th International Conference*, 30 June 30- 3 July 2014, Guimarães, Portugal, pp. 315-330.
- Türker, H.B., 2021. Uşak ilinin arazi örtüsü değişiminin CORINE verileri doğrultusunda incelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*. 5(2): 634-650.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

The Effect of Strip Tillage Method Applied in Cotton Cultivation in Ceyhan Plain on Yield

SerkanÖzdemir^{1*}  Zeliha Bereket Barut² 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture Machinery and Technologies, Çanakkale, Türkiye

²Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture Machinery and Technologies, Adana, Türkiye

*Corresponding author: serkan.ozdemir@comu.edu.tr

Received Date : 11.12.2024

Accepted Date : 10.04.2025

Abstract

Considering the food security of the increasing world population, it is extremely important to create sustainable agricultural production systems that will reduce greenhouse gas emissions, are resistant to and sensitive to climate change, prevent erosion, and protect the soil. In the strip tillage method, which is one of the conservation tillage methods, 30%-40% of the field surface is allowed to be tilled in a strip form before planting for seed bed preparation. The soil between seed planting rows are left no-tilled, covered with stubble. The research was carried out in a trial field in the Ceyhan Plain of the Çukurova Region in 2023. In the research, the conventional tillage method (CT) and the strip tillage (ST) methods were compared in terms of cotton yield. Field trials were arranged with 4 replicates. The cotton (*Gossypium hirsutum* L.) variety used in the research was Ceyhan 520 and its thousand-grain weight was 105 g. As a result of the research, higher cotton yield was obtained with an average yield of 427.5 kgda⁻¹ compared to the conventional tillage method with strip tillage. The yield in the strip tillage method was 417.5 kg/da on average. When the conventional tillage and strip tillage methods were compared, no statistically significant difference was found in terms of the cotton yield ($P<0.05$). Therefore, since the yield results of the two methods are close to each other, it is recommended to prefer the strip tillage method, which is a conservation and sustainable method, as an alternative to conventional tillage.

Keywords: Strip tillage, conservation tillage, sustainable agriculture, cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Ceyhan Ovası Pamuk Yetiştiriciliğinde Uygulanan Şeritvari Toprak İşleme Yönteminin Verim Üzerine Etkisi

Öz

Artan dünya nüfusunun gıda güvenliği göz önünde bulundurulduğunda, sera gazı emisyonlarını azaltacak, iklim değişikliğine dayanıklı ve duyarlı, erozyonu önleyen ve toprağı koruyan sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin oluşturulması son derece önemlidir. Koruyucu toprak işleme yöntemlerinden biri olan şeritvari toprak işleme yönteminde, ekim öncesinde tohum yatağı hazırlığı amacıyla tarla yüzeyinin yalnızca %30-40'lık kısmı şeritler halinde işlenmektedir. Ekim sıra hattı işlenilip, bunun dışında kalan sıralar arası anızla kaplı olarak işlenmeden bırakılır. Araştırma, 2023 yılında Çukurova Bölgesi'nde yer alan Ceyhan Ovası'ndaki bir deneme alanında yürütülmüştür. Araştırmada pamuk verimi açısından geleneksel toprak işleme (CT) yöntemi ile şeritvari toprak işleme (ST) yöntemi karşılaştırılmıştır. Tarla denemeleri 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada kullanılan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşidi Ceyhan 520 olup, bin tane ağırlığı 105 gramdır. Araştırma sonuçlarına göre, şeritvari toprak işleme yönteminde ortalama 427,5 kgda⁻¹ verim elde edilerek, geleneksel işleme yöntemine kıyasla daha yüksek pamuk verimi sağlanmıştır. Geleneksel toprak işleme yönteminde ise ortalama verim 417,5 kgda⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Ancak, geleneksel toprak işleme ile şeritvari toprak işleme yöntemleri karşılaştırıldığında, pamuk verimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P<0,05$). Bu nedenle, her iki yöntemin verim sonuçları birbirine yakın olduğundan, sürdürülebilir ve koruyucu bir yöntem olan şeritvari toprak işleme yöntemi, geleneksel toprak işleme yöntemine alternatif olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şeritvari toprak işleme, koruyucu toprak işleme, sürdürülebilir tarım, pamuk (*Gossypium hirsutum* L.)

Introduction

Global warming, one of today's problems, has disrupted the agricultural ecosystem and caused unexpected changes in agricultural climate elements such as drought, temperature, precipitation, weather events and sunlight. In terms of agricultural production, these negative changes lead to a decrease in product yield and quality, a decrease in soil fertility, an increase in soil erosion due to heavy precipitation, and an increase in diseases and pests. It is a well-known problem that climate change increases the fluctuation in agricultural production and generally harms agricultural production. Therefore, considering the food security of the increasing world population, it is extremely important to create sustainable agricultural production systems that will reduce greenhouse gas emissions, are resistant to and sensitive to climate change, and to develop technological, innovative agricultural mechanization tools and machines. For this reason, the search for new sustainable production systems that protect natural resources such as soil, water and air in agricultural production has accelerated. As a result of these searches, alternative conservation tillage to conventional tillage and the development of new tools and machines to be used in this process have come to the fore (Çay, 2018; Özpınar et al., 2018).

The main purpose in conservation tillage is to keep the pre-crop residues on the field surface and to minimize field traffic by reducing the intensity of soil tillage. In conservation tillage; soil moisture loss and water and wind erosion decrease (ASABE, 2013; Barut, 2006; Karayel and Özmerzi, 2003; Özpınar, 2018). Conservation tillage is a sustainable practice in the long term where the plough that works by turning the soil is not used and the machine traffic is less.

The conventional tillage method widely used in our country; soil degradation, soil compaction, fuel and energy consumption are high due to the plough that works by turning the soil and the intensive field traffic (Barut and Çelik, 2009; Barut and Özdemir, 2024).

The problem of drought and the limited water resources of the world bring the conservation of water and moisture in the soil to the forefront. In agricultural production areas where cover crops are applied, since plant residues cover the soil surface and block the sunlight, moisture rates are higher than in areas without plant residues (Klocke et al., 2009). In regions where the soil is intensively and continuously tilled, soil degradation caused by soil preparation is clearly observed (Özpınar and Çay, 2006).

In the strip tillage method, which is one of the conservation tillage methods, %30-%40 of the field surface is allowed to be tilled as a band before planting for seed bed preparation. A 15 to 35 cm wide band coming above the planting row line is tilled. The remaining rows are left untilled, covered with stubble (Licht and Al-Kaisi, 2005; Özdemir and Barut, 2022). This method can be perceived as a mixture of reduced tillage and no tillage method (Figure 1).



Figure 1. Cotton plant applied with strip tillage method in the study

Although cotton is a plant that can grow in all types of soil, some factors are important to achieve high yield and quality. These are factors such as climate requirements, soil preparation, planting method, fertilization, irrigation and maintenance. In terms of soil requirements, soil structure, structure, reaction, salinity and soil organic matter affect the plant's growing conditions. Businesses should implement practices that improve soil structure. These are conscious soil cultivation (appropriate time, with appropriate tools, not excessive soil cultivation) and practices that increase soil organic matter (such as

rotation, green fertilization, use of barnyard manure and not burning stubble). Although cotton is not very selective in terms of soil requirements, it develops better in soils with deep profiles, rich in organic matter and high water retention capacity (Yüreğir Chamber of Agriculture, 2017).

The effects of strip tillage on various agricultural parameters, such as yield, soil health, carbon emissions, water use, and energy consumption, have been studied in numerous works. A review of these studies reveals some common trends, particularly concerning strip tillage's benefits in water management, organic matter retention, and carbon emissions reduction. However, the influence of strip tillage on yield and other parameters varies depending on several factors, including soil type, climate conditions, and the characteristics of the crops being cultivated.

Studies on strip tillage's effect on yield have shown variable results. For example, Rózewicz et al. (2024) observed that while traditional tillage yielded the highest wheat production (7.88 t/ha), strip tillage provided nearly equivalent results (7.16 t/ha). Similarly, Sleiderink et al. (2020) found that strip tillage improved root development and enhanced soil biological activity in maize cultivation, leading to higher yields compared to no-till systems. These findings indicate that strip tillage can offer yields comparable to conventional tillage under the right conditions. However, the yield benefits of strip tillage are often contingent on specific soil types and climatic conditions, which affect water retention and nutrient availability in the soil. For example, strip tillage has been shown to be particularly beneficial in soils with high organic matter content and good moisture retention, leading to more stable yields, especially in drought-prone regions.

Strip tillage has consistently been reported to have a positive impact on soil health, particularly in terms of organic matter accumulation, water retention, and microbial activity. Jaskulska & Jaskulski (2020) demonstrated that strip tillage reduced fuel consumption by 20-30 L ha⁻¹, increased soil moisture content, and sustained microbial populations. Similarly, Hossain et al. (2014) found that strip tillage reduced the time and fuel consumption by %70 and %60, respectively, compared to conventional tillage. Górski et al. (2022) reported that strip tillage increased root yield by %6.6 and sugar yield by %8,2 in sugar beet production. These studies suggest that strip tillage has significant benefits for soil health, including improved microbial activity and moisture retention. In areas with limited water resources or where water management is critical, such as regions with average annual rainfall of 400-800 mm, strip tillage has been shown to help optimize water usage and reduce soil erosion.

The role of climate conditions in the effectiveness of strip tillage is also evident in various studies. Li et al. (2015) reported that strip tillage optimizes soil moisture balance in regions with annual rainfall between 400-800 mm, improving water use efficiency. Darapuneni et al. (2019) found that strip tillage enhanced root growth and increased yield by % 5,4 to %10,29 in cold climates, where the seedbed conditions were improved. These findings highlight that strip tillage's effectiveness can vary depending on regional climate, with cold climates and regions with limited rainfall benefiting most from its water-conserving properties.

From an environmental perspective, strip tillage contributes to sustainability by reducing carbon emissions. Donald (1998) showed that strip tillage reduces CO₂ emissions, while conventional tillage resulted in the highest CO₂ release. Bilen et al. (2023) also observed that strip tillage reduced CO₂ emissions, decreased bacterial populations, but increased fungal populations, which enhanced soil biodiversity. These findings align with the broader trend that strip tillage contributes to a reduction in greenhouse gas emissions, making it an environmentally sustainable practice.

Literature generally supports the notion that strip tillage offers multiple environmental and agronomic benefits, particularly in terms of water management, organic matter retention, and carbon emissions reduction. However, yield responses to strip tillage are highly dependent on local conditions such as soil type, climate, and crop characteristics. For instance, strip tillage has shown to provide stable or improved yields in areas with suitable soil types and favorable climatic conditions, but its performance can be limited in more extreme environments. This aligns with the findings of the present study, which confirms that strip tillage's effectiveness in cotton production is influenced by local soil conditions, climate, and crop characteristics. The study further emphasizes the importance of adapting strip tillage practices to specific regional conditions to maximize its benefits, particularly in areas prone to drought or with limited water availability.

While strip tillage presents clear advantages for sustainable agriculture, its application must be carefully tailored to the specific conditions of each region. The broader patterns observed in the

literature, including the influence of soil type, climate, and crop characteristics, are crucial for understanding the generalizability

Cotton is a globally significant crop, valued for its diverse uses. Its fibers are essential in textile production, while its seeds serve as a source for oil and animal feed. The global cotton market is highly competitive, with leading producers including China, India, and the United States, followed by countries such as Pakistan, Brazil, Turkey, Bangladesh, and Indonesia (Nacak, 2004; Anonymous, 2022). Attaining optimal yield and quality in cotton production relies on multiple factors, including climatic conditions, soil management, planting techniques, fertilization, irrigation, and cultivation practices.

Key soil characteristics such as texture, structure, pH, salinity levels, and organic matter content are critical for successful cotton cultivation. Farmers should adopt methods that enhance soil quality, such as mindful tillage practices (timely and precise use of equipment, avoiding over-tillage) and strategies to boost organic matter levels, including crop rotation, applying green and farmyard manure, and refraining from burning crop residues. While cotton is adaptable to various soil types, it performs best in soils with a deep profile, rich in organic matter, and with high water-retention capacity (Muhammad et al., 2020; Yeşilayer et al., 2024).

For sustainable cotton cultivation:

- Proper plant protection methods and balanced applications should be ensured,
- Water resources must be managed wisely and effectively,
- Fertilization and tillage operations should prioritize long-term soil health,
- Practices that maintain fiber quality should be carefully implemented,
- Efforts should be made to safeguard natural habitats,
- The surrounding ecosystems in production areas must be conserved,
- Beneficial insect populations should be supported,
- Crop rotation should be routinely practiced (Yüreğir Agricultural Chamber, 2017; Muhammad et al., 2020).

This research explores strip tillage as an alternative to conventional tillage for cotton cultivation in the Çukurova region, with a specific focus on plant emergence characteristics.

The Çukurova Region, Turkey's largest coastal plain, is a cornerstone of agricultural production thanks to its fertile lands. Approximately %70 of the region's agricultural area is irrigated, a significant proportion compared to other regions. Çukurova supports the cultivation of a diverse array of crops, including wheat, barley, cotton, sesame, watermelon, corn, sunflower, citrus fruits, peanuts, tomatoes, olives, and peas. Agriculture serves as the main source of income for the local population. The economic benefits of irrigated farming in the region are substantial, with agricultural income increasing by 5 to 6 times compared to dry farming. While the average income per hectare from rainfed farming is around \$500, this figure rises dramatically when irrigation is employed, highlighting the transformative impact of water management on agricultural productivity (Özdemir and Barut; 2025).

The primary aim of this study is to develop a conservation tillage system within the framework of sustainable agricultural practices, with the dual objective of preserving natural resources and improving environmental conditions, while also enhancing productivity and reducing production costs. Instead of the conventional tillage method, which requires more time, labor, and energy consumption, this study seeks to demonstrate the advantages of a more economically and ecologically sustainable tillage approach that prioritizes soil conservation and restoration.

Materials and Methods

The research was carried out in a trial field located in the Ceyhan plain of the Çukurova region in 2023. In the research, the conventional soil tillage method and the strip tillage method were compared in terms of yield (Figure 2, Figure 3). The Ceyhan Plain ((37°03'23.6"N 35°46'49.8"E) is influenced by the Mediterranean climate, with hot and dry summers and mild, rainy winters. The annual average temperature is approximately 18,4°C, while the annual average precipitation is around 726 mm.



Figure 2. Trial plots where strip tillage method is applied



Figure 3. The cotton growth process and harvest maturity in experimental plots where strip tillage method was applied

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) was tested in the research, the seed variety used was Ceyhan 520, 1000-grain weight was 105 g. The soil structure in which the field trials were carried out was clayey loam consisting of %24, 2 sand, %38,45 silt and %36,4 clay. In the research, the trial plot covered with wheat stubble, where the strip tillage method was applied, was processed with a 6-row strip tillage machine (Figure 4).

Table 1. Tillage methods used in the research for cotton cultivation

Tillage method	Equipment used for research
Conventional	- Stubble chopping
	- Moldboard plough
	- Disc harrow (2 passes)
	- Float
	- Drill
Strip Tillage	-Strip Tillage
	-Drill



Figure 4. Strip tillage machine used in the experiment

Planting was carried out on strips processed at 20 cm intervals with a 4-row pneumatic precision seeder machine at 70 cm row spacing, 4 cm row to row and 4 cm planting depth (Figure 5).



Figure 5. 4-row pneumatic precision seeder machine used in the experiment

In order to calculate the yield values, cotton bolls that had reached harvest maturity were harvested manually from random points of the trial plots with a 1 m² circle and yield values were taken, and they were also calibrated with the data collected from 1 ha with a harvesting machine (Figure6).

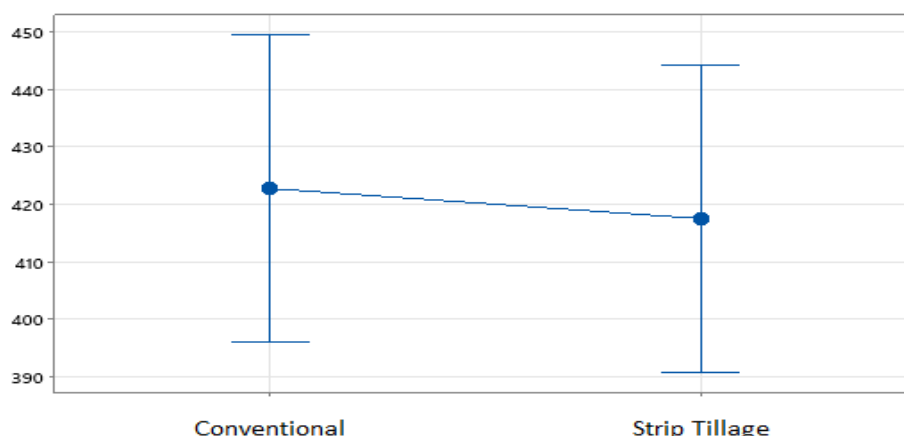


Figure 6. Sampling of cotton bolls that have reached harvest maturity with a 1m² circle

In the statistical analysis of the results obtained from the random trial plots in the research area, analysis of variance (ANOVA) was used. Differences between the means of the experimental variables were evaluated using Tukey's multiple comparison test.

Results and Discussion

As a result of the research, with an average yield of 427, 5 kg da⁻¹, higher cotton yield was obtained than conventional tillage, and the strip tillage yield were an average of 417, 5 kg da⁻¹ (Figure 7).

Figure 7. Effect of different tillage methods on yield (kg da⁻¹)

When the conventional tillage and strip tillage methods were compared, no statistically significant difference was found in terms of the cotton yield (Table 2).

Table 2. Variance Analysis of different tillage methods

	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Method	1	55.12	55.12	0.12	0.745
Error	6	2855.75	475.96		
Total	7	2910.88			

Table 3. Statistical effects of different tillage methods on yield (kg da⁻¹)

Tillage method	N	Mean Grouping	P- Value
Conventional	4	427,5 ^a	0,745ns*
Strip tillage	4	417,5 ^a	

Significant at *P<0,05, **P<0,01 and ns, not significant

These results show that the yield results of both methods are very close to each other (Table 3). Therefore, it has been shown that similar yields can be obtained with strip tillage and conventional tillage. These results suggest that strip tillage can achieve yields comparable to conventional tillage, making it a viable alternative.

The literature on strip tillage supports these findings. For instance, Rózewicz et al. (2024) found that conventional tillage resulted in slightly higher grain yields (7.88 t/ha⁻¹) compared to strip tillage (7.16 t/ha⁻¹), yet both methods demonstrated similar productivity levels. Similarly, Khalilian et al. (2012) reported no significant yield differences in cotton, but emphasized the reduced energy and labor requirements of strip tillage, making it a more sustainable choice.

A comprehensive meta-analysis by Dou et al. (2024), which included 290 comparative datasets from 53 studies, highlighted that strip tillage yields were generally similar to conventional tillage, while offering advantages over no-till methods. This is particularly relevant in regions with cold climates or continuous cropping systems, where strip tillage aids in resource efficiency.

Soil conditions and climate play crucial roles in determining yield outcomes under different tillage methods. Morrison (2002) underscored the long-term benefits of strip tillage, particularly in drought conditions, as it enhances soil moisture retention. Similarly, Licht and Al-Kaisi (2005) found that strip tillage increased soil temperature by 1,5–2,5°C, improving root development and crop establishment. Although the present study did not specifically assess soil temperature or moisture dynamics, the comparable yields between strip and conventional tillage suggest that strip tillage effectively mitigates potential drawbacks associated with minimal soil disturbance.

Further supporting this, Thomson (2012) noted that strip tillage reduces soil compaction, enhances root development, and contributes to long-term soil conservation. This aligns with the current study's emphasis on the sustainability benefits of strip tillage, particularly in regions like Çukurova,

where soil degradation is a pressing concern. The integration of these findings highlights that strip tillage not only maintains yield levels but also promotes sustainable agricultural practices through reduced energy input, lower carbon emissions, and improved soil health.

To enhance the applicability of these results across diverse agricultural settings, future studies should investigate additional parameters such as soil health indicators, long-term yield trends, and economic feasibility. By examining the broader impacts of strip tillage beyond yield, researchers can further substantiate its role as a sustainable alternative to conventional tillage.

In order to demonstrate the differences in performance of tillage methods in this study, factors such as crop type, soil properties, and environmental conditions are important for the observed yield results to be universally applicable. Future studies can expand on these findings by examining additional parameters such as soil health indicators, energy consumption, and long-term yield trends. Since previous studies have shown that strip tillage has less field traffic, lower fuel consumption, lower energy requirement and lower carbon emissions compared to conventional tillage, the applicability of strip tillage has been foreseen. The discussion highlights the importance of strip tillage as a viable alternative to conventional tillage that offers comparable yields while promoting soil conservation and sustainability. This makes it particularly valuable in regions such as Çukurova, where sustainable agricultural practices are essential for long-term productivity. Although further research is needed to validate these findings in various contexts, the evidence to date positions strip tillage method as a critical tool for modern agriculture.

Conclusion

This study demonstrates the potential of strip tillage as an effective and sustainable alternative to conventional tillage in cotton cultivation, particularly in the Ceyhan Plain of the Çukurova Region. In the strip tillage method, a %2, 39 lower yield was obtained compared to the conventional tillage method. While the yield differences between the two methods were not statistically significant, strip tillage offers comparable productivity with added environmental benefits, aligning with conservation agriculture principles. The findings support the adoption of strip tillage for its ability to minimize soil disturbance, conserve resources, and reduce production costs, without compromising yield. These advantages make it particularly suitable for regions prioritizing sustainable agricultural practices in response to challenges such as climate change and soil degradation. Therefore, since the yield results of both methods are close to each other, it is recommended to prefer the strip tillage method, strip tillage method is a sustainable, environmentally friendly method that protects soil and water resources, provides less field traffic and low energy requirements, as an alternative to the conventional tillage method. We need to explain to our farmers in our country that they can achieve similar yields without tiring their land and increase their profitability with lower costs, instead of constantly cultivating their land intensively with intensive production practices. And it is important to conduct economic analyses following these studies. By integrating conservation tillage methods like strip tillage into farming practices, regions like Çukurova can advance toward more sustainable and resilient agricultural systems, ensuring productivity and environmental stewardship for future generations.

Acknowledgements:

This study was previously presented as an abstract at the International Balkan Agriculture Congress.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

References

- Anonim, 2022. Better-Cotton-2020-Impact-Report.pdf. <https://bettercotton.org/>
- ASABE, 2013. Terminology for Soil Engaging Components for Conservation - Tillage Planters, Drills, and Seeders. In ASAE Standards 2006, ASABE Standards S477, 364-369, St. Joseph, MI, USA.
- Barut, Z.B., Çelik İ., 2009. Tillage effects on soil quality indicators in the semi- arid Mediterranean Coastal Plain of Turkey, The Philippine Agricultural Scientist. 92(3): 290-300.
- Barut, Z.B., 2006. Ekim Makinaları, Ed. Serdar Öztekin Tarım Makinaları 2, Nobel Kitapevi, s.408, Adana

- Barut, Z.B., Ozdemir, S., 2024. The effect of different tillage methods on plant emergence parameters for wheat, Springer Nature. 58: 51-59.
- Bidegain, M.P, Cruse, R.M., Ciha, A., 2003. Strip till, no-till and conventional tillage comparisons - does planting date affect results? Conference: Proceedings of the 13th Annual Integrated Crop Management Conference, 165-167.
- Bilen, S., Çelik, A., Altıkat, S., 2010. Effects of strip and full-width tillage on soil carbon IV oxide-carbon (CO₂-C) fluxes and on bacterial and fungal populations in sunflower. African Journal of Biotechnology. 9(38): 6312-6319, 20.
- Çay, A., 2018 Impact of different tillage management on soil and grain quality in the Anatolian paddy rice production. Plant Soil and Environment. 64(7): 303-309.
- Darapuneni, M., Zhou, X., Zhang, H., 2019. Strip-Tillage in Continuous Cropping Systems: Effects on Soil Properties and Crop Yield. Soil & Tillage Research. 198: 104539
- Donald R., 1998. Strip Tillage Methods: Impact on soil and air quality, Australian/New Zealand national soils.
- Dou, S., Wang, Z., Tong, J., Shang, Z., Deng, A., Song, Z., Zhang, Z., 2024. Strip tillage promotes crop yield in comparison with no tillage based on a meta-analysis. Soil and Tillage Research. 240.
- Górski, D., Gaj, R., Ulatowska, A., Miziniak, W., 2022. Effect of strip-till and variety on yield and quality of sugar beet against conventional tillage. Agriculture. 12(166): 1-15.
- Hossain, I.M., Gathala, M.K., Tiwari, T.P., Hossain, M.S., 2014. Strip tillage seeding technique: A bet ter option for utilizing residual soil moisture in rainfed moisture stress environments of North-West Bangladesh. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology. 2(4):132-136.
- Jaskulska, I., Jaskulski, D., 2020. Strip-till one-pass technology in Central and Eastern Europe: A MZURI pro-til hybrid machine case study. Agronomy. 10: 925.
- Karayel, D., Özmerzi, A., 2003. Doğrudan ekim makinalarında kullanılan gömücü ayaklar. 1. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, İzmir.
- Khalilian, A., Jones, M.A., Bauer, P.J and Marshall, M.W., 2017 Comparison of five tillage systems in coastal plain soils for cotton production. Open Journal of Soil Science. 7: 245-258.
- Klocke, N. L., Currie, R. S., Aiken, R. M., 2009. Soil water evaporation and crop residues. Trans. of ASABE. 52(1): 103-110.
- Li, Y., Chen, W., Zheng, X., 2015. Impact of strip tillage on soil moisture retention and crop yield under semi-arid conditions. Journal of Soil and Water Conservation. 70(3): 205-215.
- Licht, M. A., Al-Kaisi, M., 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. Soil and Tillage Research. 80(1-2):233-249.
- Muhammad, A.A., Ilyas, F., Danish, S., Mustafa, G., Ahmad, S., 2020. Soil management and tillage practices for growing cotton crop, cotton production and uses. Editors; Shakeel Ahmad, Mirza Hasanuzzaman, Springer Nature. 9-30. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2>.
- Muhammad, A.K., Wahid, A., Ahmad, M., Tahir, M.T., Ahmed, M., Ahmad, S., Hasanuzzaman, M., 2020. World cotton production and consumption: An overview, cotton production and uses, Editors: Ahmad, S., Hasanuzzaman, M. Springer Nature. 1-7. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2>.
- Nacak, P.İ., 2004. Türkiye pamuk dış ticaretinin yapısı ve bunu etkileyen faktörler üzerine bir araştırma. İzmir Ticaret Borsası Yayınları, İzmir.
- Özdemir S., Barut, Z.B., 2021. Effect of inverted T-Type furrow openers of no-till machine on sowing uniformaty, agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA). 52(1): 2047-2056.
- Özdemir S., Barut, Z.B., 2022. Wheat agriculture and applied of conservation tillage methods in Adana. International Current Research on Agriculture and Food Technologies. Editors: Erdem, T., Çelik Güney, M., Güney, H. Akademisyen Kitabevi, Ankara, 57-70, 2022.
- Özdemir S., Barut, Z.B., 2025. the impact of strip tillage method applied in cotton cultivation on plant emergence parameters in the Çukurova Region, Ceyhan Plain, AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 56(3):.20329-2034.
- Ozpınar, S., Çay, A. 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey. Soil & Tillage Research. 88: 95-106.
- Özpınar, S., Özpınar, A., Çay, A., 2018. Soil management effect on soil properties in traditional and mechanized vineyards under a semiarid Mediterranean environment. Soil & Tillage research. 178: 198-208.
- Rózewicz, M., Grabiński, J., Wyzińska, M., 2024. Effect of strip-till and cultivar on photosynthetic parameters and grain yield of winter wheat. Int. Agrophys. 38(3): 279-291.
- Sleiderink, J., Deru, J.G.C., Weide, R.V.D., Eekeren, N.V., 2024. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. Soil & Tillage Research. 244:106196.
- Thamson, J.L., 2012 The Effects of strip tillage and irrigation in peanut and cotton and an investigation of the relationship between cotton sap flow and soil moisture. A Thesis Presented to The Graduate School of The University Of Florida in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science University of Florida.

Yüreğir Ziraat Odası, 2017. Türkiye Pamuk Yetiştiriciliği. <http://yuregir.ziraatodasi.org.tr/pamuk-yetistiriciligi>
Zaman, R., Ali, M.O., Islam, M.A., Islam, M.R., Khan, M.A.A., 2019. Performance of lentil on strip tillage under different seed rate. Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ. 42: 1-6.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

Pırlak Koyunlarında Kalpastatin (CAST) ve Miyostatin (MSTN) Genlerinde Polimorfizm

Bülent Özkan¹ 

Emine Şahin Semerci^{1*} 

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, 07070, Konyaaltı, Antalya, Türkiye

*Sorumlu yazar: sahin@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.01.2025

Kabul Tarihi: 29.06.2025

Öz

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen yerli Pırlak koyunlarında, Kalpastatin (CAST) ve Miyostatin (MSTN) genlerinin polimorfik yapısı incelenmiştir. Antalya ilindeki farklı işletmelerden 181 baş koyunda PCR-RFLP yöntemi kullanılarak CAST geninde *MspI*, MSTN geninde ise *HaeIII* polimorfizmi araştırılmıştır. CAST geninde MM (0.220), MN (0.696) ve NN (0.082) genotipleri tespit edilmiştir. M ve N alel frekansları sırasıyla 0.569 ve 0.431 olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, MSTN gen bölgesi tamamen monomorfik yapı sergileyerek yalnızca mm genotipi bulunmuştur. Ayrıca, CAST geninde Hardy-Weinberg dengesinden sapma olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilerle, CAST genindeki polimorfik yapının genetik markör olarak kullanılarak yapılacak seleksiyon çalışmalarına katkı sağlayabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Koyun, Kalpastatin, Miyostatin, PCR-RFLP, Polimorfizm.

Polymorphism in Calpastatin (CAST) and Myostatin (MSTN) Genes in Pırlak Sheep Abstract

In this study, the polymorphic structure of the Calpastatin (CAST) and Myostatin (MSTN) genes was investigated in native Pırlak sheep, commonly raised in the Mediterranean Region. The PCR-RFLP method was applied to 181 sheep from different farms in Antalya province and *MspI* polymorphism in the CAST gene and *HaeIII* polymorphism in the MSTN gene were investigated. MM (0.220), MN (0.696) and NN (0.082) genotypes were detected in the CAST gene. M and N allele frequencies were calculated as 0.569 and 0.431, respectively. In contrast, the MSTN gene region exhibited a completely monomorphic structure and only the mm genotype was found. Additionally, deviation from Hardy-Weinberg equilibrium was determined in the CAST gene. The data obtained revealed that the polymorphic structure in the CAST gene can be used as genetic marker and contribute to selection studies.

Keywords: Sheep, Calpastatin, Myostatin, PCR-RFLP, Polymorphism.

Giriş

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu göz önüne alındığında, hayvansal üretimin sürdürülebilirliğinin önemi giderek artmaktadır. Türkiye’de et, süt ve yapağı gibi ürünleriyle hayvancılık sektöründe önemli bir yere sahip olan koyun yetiştiriciliğinde kalite ve miktar bakımından verim artışının sağlanabilmesi için; bakım, besleme ve altyapı gibi çevresel faktörlerin iyileştirilmesi öncelikli alanlar arasındadır. Bununla birlikte, verimliliği artırma amacıyla yapılan hayvan ithalatı ve melezleme çalışmaları sonucunda koyunların genetik yapısında meydana gelen değişimler de bu sürece önemli katkılar sunmaktadır (Doğru vd. 2002).

Yerli ırklar, verimleri daha düşük olsa da binlerce yıl boyunca çevresel koşullara uyum sağlayarak dayanıklı hale gelmiştir (Ertuğrul vd. 2000). Çiftlik hayvanlarında mevcut ırkların genetik alt yapılarının tespit edilmesi ve verim özellikleriyle ilişkili genlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Yapılacak moleküler araştırmalarla genom bilgilerinin aydınlatılması, üretimde istenilen verimliliğin sağlanması, genetik çeşitlilik ve mevcut ırkların korunması açısından önemlidir. Türkiye’de koyun yetiştiriciliği önemli hayvancılık faaliyetleri arasındadır. 43 milyon koyunun yetiştirildiği ülkemizde

kırmızı et üretiminin %24'ünü karşılamaktadır (TUİK 2023). Koyunlar ile ilgili yapılan moleküler çalışmaların diğer çiftlik hayvan türleri ile özellikle de sığırlar ile karşılaştırıldığında yeterli olmadığı görülmektedir. Genetik ıslahta zorlukların aşılması için moleküler genetik çalışmaların artırılması önem taşımaktadır (Kaplan 2017).

DNA markörleri, bir tür içindeki bireyler arasında farklılık gösteren DNA dizileridir. Genetik yapıyı analiz etmek için kullanılan yöntemlerden biri olan PCR-RFLP, DNA üzerindeki polimorfizmleri tespit etmek için sıklıkla tercih edilen etkili bir tekniktir ve çeşitli bilimsel alanlarda geniş bir uygulama alanı bulmaktadır.

Koyunlarda ekonomik önemi olan karkas ve et kalite özellikleriyle ilişkili birçok aday gen bulunmaktadır. Karkas ve et kalitesini iyileştirmede önemli bir rol oynayan CAST (Kalpastatin), kasların büyüme ve farklılaşmasında etkili olan MSTN (Miyostatin), kas gelişimini etkileyen CLPG (Callipyge), sütten kesim sonrası ağırlık kazancını etkileyen GH (Growth Hormone), vücut yağ ağırlığı ile ilişkili bulunan LEP (Leptin) ve deri altı karkas derinliği ile ilişkili görülen DGAT1 (Diacylglycerol Acyltransferase 1) ve UCP1 (Uncoupling Protein 1) genleri bunlara örnektir (Cockett vd. 1996; Palmer vd. 1998; Barzehkar vd. 2009; Khederzadeh 2011; Moradian vd. 2013; Mohammadi vd. 2013; Yang vd. 2014).

Koyunlarda 5. kromozom üzerinde yer alan ve kalpainlerin endojen inhibitörleri olan CAST geni seviyesindeki artış kalpain aktivitesini düşürerek kas protein parçalanmasını artırmaktadır. Bu da kasların büyüme oranını azaltarak kesim sonrasında etin yumuşamasını hızlandırmaktadır (Zhou vd. 2007; Djadid vd. 2011; Gharahveysi vd. 2012). Ayrıca, kalpainin kesim sonrasında meydana gelen et sertlik derecesinde, miyofibril proteinleri parçalanmasında öncül rol oynadığı bildirilmiştir (Page vd. 2002). CAST geni, etin sertliğindeki fizyolojik rolü gibi et kalitesi özellikleri ile ilişkilendirilerek araştırılmıştır (Lonergan vd. 1995; Huff-Lonergan vd. 1996; Boehm vd. 1998). CAST geninde et kalitesini ve yağ asidi kompozisyonunu etkileyen genetik varyantlar tespit edilmiştir (Aali vd. 2017).

Büyüme ve farklılaşma faktörü 8 (Growth Differentiation Factor-8; GDF8) olarak da adlandırılan MSTN geni koyunlarda 2. kromozom üzerinde bulunmaktadır. İlk olarak farelerde iskelet kaslarında büyümeyi etkilediği tespit edilmiş ve özellikle iskelet kaslarında sentezlenen MSTN, kasların büyüme ve farklılaşmasını sağlayarak çift kaslılığa neden olduğu bildirilmiştir (McPherron vd. 1997). Koyunlarda birçok ırkta MSTN geni ile ilgili çok sayıda QTL çalışması yapılmıştır. Bunlar; Kas gelişimi (Marcq vd. 2002), kaslanma ve yağ kalınlığı (Walling vd. 2004; Broad vd. 2000; Johnson vd. 2005; McRae vd. 2005; Ren vd. 2011), karkas miktarının artışı (Boman vd. 2010), vücut ve sütten kesim ağırlığı artışı (Ansary vd. 2011), büyüme ve karkas özellikleri (Hickford vd. 2010; Wang vd. 2016), kuzu doğum ağırlığı (Farhadian vd. 2012), iskelet kasları (Xing vd. 2014) üzerine MSTN geninin önemli bir rolü olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada Antalya ilinde yetiştirilen Pırlak koyun ırkında pleotropik etkili genler olan CAST ve MSTN geni polimorfizlerinin araştırılması, gen ve genotip frekanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Hayvan materyali ve kan örneklerinin alınması

Araştırmada kullanılan 181 koyun kan örneği için Akdeniz Üniversitesi Deney Hayvanları Uygulama ve Araştırma Merkezi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan onay alınmıştır. Kan örnekleri Antalya Damızlık Koyun Keçi Yetiştiricileri Birliğine kayıtlı Manavgat, Kaş, Döşemealtı, Korkuteli ve Elmalı ilçelerinde bulunan işletmelerden toplanmıştır. Çalışmada kullanılan kan örnekleri koyunların boyun toplardamarından (*Vena jugularis*) EDTA'lı vakumlu kan tüplerine alınarak soğuk zincirde korunarak (+4°C) Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Genetik Laboratuvarına en kısa sürede ulaştırılmıştır. Toplanan kan örnekleri DNA ekstraksiyonu yapıncaya kadar -20°C'de saklanmıştır.

Genomik DNA ekstraksiyonu ve genotipleme

Çalışmada genomik DNA eldesi için, Miller vd. (1988) tarafından bildirilen tuzla çöktürme metodu optimize edilerek uygulanmıştır. Elde edilen genomik DNA ürünlerinin yeterlilikleri %1'lik agaroz jelde kontrol edilmiştir. PCR işleminde, CAST gen lokusunda 622 baz çifti (bç) uzunluğundaki hedef bölgenin çoğaltılmasında Palmer vd. (1998) tarafından bildirilen primer çifti (Forward; 5'-TGGGGCCCAATGACGCCATCGATG-3', Reverse; 5'-GGTGGAGCAGCACTTCTGATCACC-3') kullanılmıştır. MSTN gen lokusunda ise 337 baz çifti uzunluğundaki hedef bölgenin çoğaltılmasında

Smith vd. (1997) tarafından bildirilen primer çifti (Forward; 5'-CCGGAGAGACTTTGGGCTTGA-3', Reverse; 5'-TCATGAGCACCCACAGCGGTC-3') kullanılmıştır.

PCR reaksiyon karışımı her iki lokus için; 3 µL 10X buffer (pH: 8.5), 2.5 µL MgCl₂ (25 mM), 3 µL dNTP (3 mM), 0.2 µL *Taq* DNA polimeraz (MBI Fermentas), forward primer 0.2 µL (0.25 µM), reverse primer 0.2 µL (0.25 µM) ve 3 µL genomik DNA (~100 ngxµL⁻¹) son olarak toplam hacim 25 µL olması için 12.9 µL distile su (dH₂O) eklenerek hazırlanmıştır. PCR işleminde CAST geni için ilk denatürasyon 95°C'de 5 dakika, denatürasyon 95°C'de 1 dakika, primerlerin bağlanması 63°C'de 1 dakika, uzama 72°C'de 2 dakika ve 72°C'de 10 dakika; MSTN geni için ise ilk denatürasyon 95°C'de 5 dakika, denatürasyon 95°C'de 45 saniye, primerlerin bağlanması 59°C'de 45 saniye, uzama 72°C'de 45 saniye ve 72°C'de 5 dakika son uzama olmak üzere 35 döngü olarak uygulanmıştır. Çoğaltılan DNA ürünlerinin varlığı ve yoğunluğu %1'lik agaroz jel elektroforezinde kontrol edilmiştir.

Her bireyin araştırmaya konu olan markörler bakımından genetik yapılarının belirlenmesi amacıyla, CAST geni bakımından elde edilen PCR ürünleri *Msp*I restriksiyon enzimi, MSTN geni bakımından elde edilen PCR ürünleri *Hae*III restriksiyon enzimi ile kesim işlemine maruz bırakılmıştır. RFLP işlemi için reaksiyon karışımı 15 µL PCR ürünü, 5 µL double distile su (ddH₂O), 3 µL enzim buffer (1XTango) ve 1 U *Msp*I enzimi olacak şekilde hazırlanmıştır. Reaksiyon bileşenlerini içeren örnekler optimum enzim aktivitesi olan ortamda 37°C'de 12-15 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Kesim ürünleri EtBr (Ethidium Bromide) ile muamele edilmiş %3'lük agaroz jelle 1 µL boya (Loading Dye) ile yüklenmiştir. Elektroforez işlemi sonunda görüntülenecek olan bantların büyüklüklerini saptamak için 100 bp aralıklarla bant veren 1.5 kb büyüklüğünde DNA markör kullanılmıştır. CAST lokusunun istatistik analizlerinde allel ve genotip frekanslarının hesaplanmasında, genotipler dikkate alınarak gen sayma yönteminden yararlanılmıştır (Nei 1987). Beklenen (H_e) ve gözlenen (H_o) heterozigotluk düzeyleri ve Hardy-Weinberg genetik denge kontrolü sonuçları GenA1Ex 6.5 paket programı kullanılarak belirlenmiştir (Peakall vd. 2006).

Bulgular ve Tartışma

CAST geninin 1. ekzonunda bulunan 622 bp uzunluğundaki bölge PCR ile çoğaltılmıştır. Çoğaltılan gen bölgesinin, *Msp*I restriksiyon enzimi ile muamelesi sonucu CAST genine ait MM, MN ve NN genotipleri tespit edilmiştir. Beklenildiği gibi %3'lük agaroz jelde, homozigot MM alleli için 336 ve 286 baz çifti uzunluğunda 2 bant, homozigot NN alleli için 622 bp uzunluğunda tek bant ve heterozigot MN alleli için 622, 336 ve 286 bp uzunluğunda 3 bant gözlenmiştir (Şekil 1).

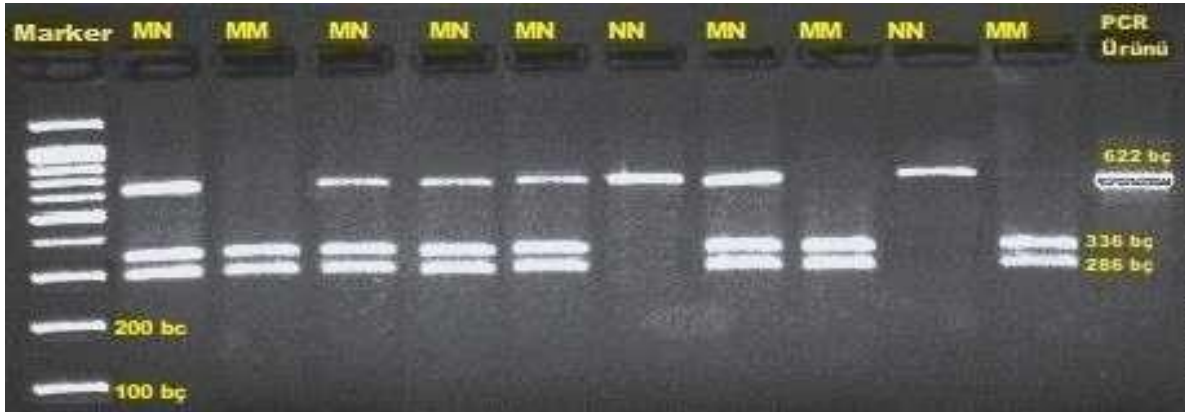


Figure 1. CAST gene *Msp*I polymorphism RFLP band profile example

Şekil 1. CAST geni *Msp*I polimorfizmi RFLP bant profil örneği

MSTN geninde 3. ekzonda bulunan 337 bp uzunluğundaki ampliconlar *Hae*III kesim enzimi ile kesim işlemine tabi tutulmuş ve %3'lük agaroz jellerde UV ışık altında görüntülenmiştir. Tüm bireylere ait profiller incelendiğinde sadece 131, 123 ve 83 bp uzunluğunda homozigot mm genotipi gözlenmiştir (Şekil 2). Çalışmada MSTN gen lokusu bakımından popülasyonun monomorf olduğu belirlenmiştir.

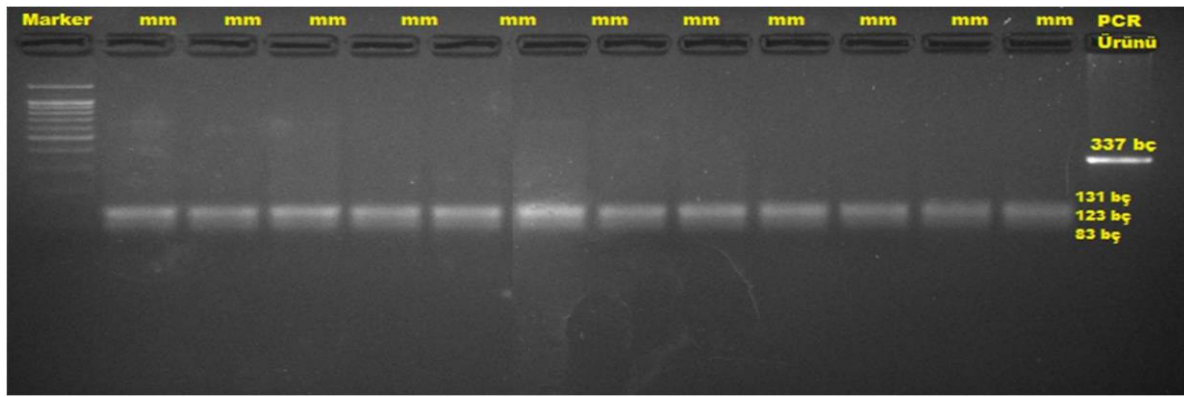


Figure 2. MSTN gene *HaeIII* monomorphism RFLP band profile example: Genotype mm;131/123/83 bp

Şekil 2. MSTN geni *HaeIII* monomorfizmi RFLP bant profil örneği: Genotip mm;131/123/83 bp

Antalya'nın beş farklı ilçesinde yetiştirilen 181 baş Pırlak koyun ırkı üzerinde yapılan çalışma sonucunda elde edilen genotip ve allel frekansları, gözlenen ve beklenen heterozigotluk ile ki-kare testi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Table 1. CAST gene allele and genotype frequencies

Çizelge 1. CAST geni allel ve genotip frekansları

Genotipler	Gözlenen	Beklenen	Genotip Frekansı	χ^2 testi
MM	40	58.613	0.220	31.829***
MN	126	88.773	0.696	
NN	15	33.613	0.082	
Allel Gen	M	N		
Frekansı	0.569	0.431		

***: $P < 0.001$

Populasyonda CAST geni bakımından tespit edilen heterozigot MN genotip frekansı 0.696, homozigot MM frekansı 0.220 ve NN genotip frekansı ise 0.082 olarak bulunmuştur. M allel frekansı 0.569 ve N allel frekansı ise 0.431 olarak birbirine yakın frekanslarda tespit edilmiştir.

CAST geni ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, Durmaz (2021) tarafından Zom koyununda yapılan çalışmada (M alleli: 0.56 ve N alleli: 0.44) ve Ata (2012) tarafından Karya koyununda yapılan çalışmada (M alleli: 0.54 ve N alleli: 0.46) elde edilen allel frekanslarının mevcut çalışmaya benzer oranlarda olduğu bildirilmiştir. İstisna olarak sadece Jawasreh vd. (2017) tarafından İvesi koyun ırkında (M alleli: 0.48), Yılmaz (2014) tarafından Sakız koyun ırkında (M alleli: 0.34) yapılan çalışmalarda M alleli frekansı daha düşük olarak tespit edilmiştir. Akkaraman ırkı koyun populasyonu üzerine yapılan bir çalışmada Kırıkçı (2022) M ve N allel frekansını sırasıyla 0.68 ve 0.32 olarak bildirirken, başka benzer çalışmalarda M ve N allel frekansları sırasıyla 0.69 ve 0.31 (Balcıoğlu vd. 2014), 0.90 ve 0.10 (Bayram vd. 2019) olarak bildirilmiştir. İvesi ırkı üzerine yapılan bir çalışmada ise M ve N allel frekansları sırasıyla 0.59 ve 0.41 olarak bildirilmiştir (Balcıoğlu vd. 2014). Akkaraman ırkında Dokgöz (2023) tarafından yapılan bir çalışmada ise M ve N allellerinin frekansı sırasıyla 0.82 ve 0.18; İvesi ırkında ise 0.75 ve 0.25 olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Bayrak (2023) tarafından Osmaniye ilinde halk elinde yetiştirilen 8 baş Pırlak koyunu üzerinde CAST lokusundaki polimorfizmleri tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada M ve N allel frekansları sırasıyla 0.75 ve 0.25 olarak bildirilmiştir. Örnek genişliği çok küçük olan bu populasyonun Hardy-Weinberg dengesinde olduğu bildirilmiştir. Bu küçük populasyondaki kurucu bireylere ait allel gen frekanslarının baskın hale gelmesi genetik çeşitliliği sınırlandırmaktadır. Yılmaz vd. (2024) tarafından Norduz ırkı koyunlarda CAST/*MspI* polimorfizmlerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada M ve N allel gen frekansları sırasıyla 0.78 ve 0.22 olarak bildirilmiştir. Genel olarak elde edilen bulgular, farklı koyun ırklarında CAST genine ait allel frekanslarının benzerlikler göstermekle birlikte, ırka özgü varyasyonlar da içerdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada monomorfik olarak tespit edilen MSTN geniyle ilgili yapılan birçok çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Azari vd. 2012; Denhavi vd. 2012; Bozhilova-Sakova vd. 2016; Sahu vd. 2019; Uğuz 2022; Kar vd. 2024). Bu çalışmalarda monomorfik bulunan MSTN geni bakımından sadece mm genotipi tespit edilmiştir. Polimorfik bulunan diğer çalışmalarda allel gen frekansları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Saygılı (2021)

tarafından Hardy-Weinberg dengesinde olmayan Morkaraman populasyonunda MSTN geninin ekson 3 bölgesindeki *HaeIII* polimorfizmini incelendiği çalışmada MM, Mm ve mm genotip frekansları sırasıyla 0.09, 0.69 ve 0.22, M allel frekansı 0.44 ve m allel frekansı 0.56 olarak tespit edilmiştir. Jamshidi vd. (2014) tarafından Mehreban ırkı koyunlar üzerinde MSTN geni bakımından yapılan çalışmada M ve m allel frekansı sırasıyla 0.26 ve 0.74 olarak, Akbari vd. (2015) tarafından Kordi koyunlardan yapılan çalışmada ise M ve m allel gen frekansları sırasıyla 0.08 ve 0.92 olarak tespit edilmiştir. Pırlak koyun ırkında MSTN/*HaeIII* polimorfizmi tespiti amacıyla ilk olarak Uğuz (2022) tarafından 24 baş koyun üzerinde yapılan çalışmada polimorfizm tespit edilememiştir.

Hardy-Weinberg genetik denge kontrol sonuçlarına göre gözlenen ve beklenen genotip frekansları dağılımı arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($\chi^2=31.829$; $P<0.001$) ve populasyonun Hardy-Weinberg dengesinden önemli ölçüde saptığı tespit edilmiştir. Bu sapmanın olası nedenleri arasında belli bir allelin bireylere herhangi bir nedenle avantaj sağlaması, küçük populasyonlarda rastgele değişimler, allel akışını değiştiren nedenler, rastgele olmayan çiftleşme ve mutasyon sayılabilir.

Gözlenen heterozigotluk (H_o) değeri 0.696 olarak tespit edilmiştir. Beklenen heterozigotluk (H_e) değeri ise 0.490 olarak bulunmuştur. Avanus (2015) tarafından Kıvırcık koyun ırkında CAST/*MspI* polimorfizminin tespiti amacıyla yapılan çalışmada gözlenen heterozigotluk (H_o) değeri 0.600 olarak hesaplanırken, beklenen heterozigotluk (H_e) değeri 0.429 tespit edilmiştir. Bozhilova-Sakova vd. (2020) tarafından Bulgar Merinosu koyunları üzerinde yapılan çalışmada gözlenen heterozigotluk (H_o) değeri 0.531, beklenen heterozigotluk (H_e) değeri 0.394 olarak bildirilmiştir. Kırıkçı (2022) Akkaraman ırkı koyunları üzerinde CAST lokusundaki polimorfizmleri belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada gözlenen heterozigotluk (H_o) değerini 0.540, beklenen heterozigotluk (H_e) değerini ise 0.416 olarak hesaplamıştır. Populasyonların büyük kısmının söz konusu gen bölgeleri bakımından beklenen heterozigotluğun, genotip frekansından daha yüksek frekansa sahip olması heterozigotluğun bireylere genetik avantaj sağladığı izlenimi vermektedir. Aynı zamanda, heterozigotluğun yüksekliği populasyonların genetik çeşitliliğini artırarak evrimsel süreçlere katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir.

Sonuçlar

Çalışmada, CAST geninin heterozigot MN genotip frekansı homozigot MM ile NN genotip frekanslarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Mevcut Pırlak koyun populasyonunda M ve N allelleri birbirine yakın frekanslardadır ve elde edilen bu veriler diğer koyun ırklarında yapılan çalışmaların sonuçlarıyla genel olarak uyumludur. Ancak, bazı koyun ırklarında daha belirgin farklar gözlemlenmiş ve bu genetik çeşitliliğin populasyonlar arasında değişkenlik gösterdiğini ve çevresel faktörlerin, seleksiyon baskılarının etkisini yansıttığını göstermektedir. CAST geni bakımından populasyonda Hardy-Weinberg dengesinden sapmanın olması, populasyonun rastgele olmayan çiftleşmelerden, belli bir allelin baskın olmasından veya mutasyon gibi olası faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Bu ve benzer çalışmalarda gözlenen heterozigotluk oranının beklenenin üzerinde olması, heterozigotluğun bireylere bir avantaj sağladığı izlenimi vermektedir. MSTN geninde ise monomorfik bir genotip yapı gözlemlenmiştir. Bu durum, literatürdeki diğer çalışmalarda da benzer şekilde monomorfik genotiplerin bulunduğunu ve MSTN geninin bazı koyun ırklarında genetik çeşitlilik göstermediğini doğrulamaktadır.

Sonuç olarak, DNA'ya dayalı moleküler yöntemler, özellikle PCR temelli teknikler hayvan genetiği alanında önemli araçlar haline gelmiştir. Bu yöntemler sayesinde, et kalitesi, büyüme hızı, yağ dağılımı ve karkas özellikleri gibi ekonomik açıdan önemli fenotipik özelliklerle ilişkili genotiplerin tanımlanması mümkün hale gelmektedir. Bu da seleksiyon programlarının daha etkili bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Özellikle yerli koyun ırklarımızdan biri olan Pırlak koyunlarında genetik çeşitliliğin ortaya konması, bu ırkın korunması, sürdürülebilirliği ve verimliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Böylece hem hayvan ıslahında hedeflenen özelliklere daha kısa sürede ulaşılabilmekte hem de yerli genetik kaynaklarımızın korunarak geliştirilmesi mümkün olabilmektedir. Ek olarak bu çalışmayla, CAST geninde elde edilen *MspI* polimorfizminin ıslah çalışmalarında bir markör olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma; Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootehni Ana Bilim Dalında yapmış olduğum “Pırlak Koyunlarında Kalpastatin (CAST) ve Miyostatin (MSTN) Gen Polimorfizmleri” başlıklı Yüksek Tez çalışmasından üretilerek

oluşturulmuştur. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine çalışmamın uygulanabilmesi için sağladıkları finansal destekten dolayı teşekkür ederim.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Aali, M., Moradi-Shahrbabak, H., Moradi-Shahrbabak, M., Sadeghi, M., Yousefi, AR., 2017. Association of the calpastatin genotypes, haplotypes, and SNPs with meat quality and fatty acid composition in two Iranian fat-and thin-tailed sheep breeds. *Small Ruminant Reserarch*. 149(2): 40-51.
- Akbari, S., Dashab, G., Alipanah, M., Rokouei, M., Saghi, D., 2015. Study on the polymorphism in myostatin gene and its association with growth traits in kordi sheep of northern khorasan. *Modern Genetics Journal*. 10(1): 129-133.
- Ansary, M., Tahmoorespur, M., Nassiry, MR., Taheri, A., Vafaye Valleh, M., 2011. Polymorphism in intron-1 of myostatin gene and its association with estimated breeding values of growth traits in baluchi sheep (*Ovis aries*). *The Indian Journal of Animal Sciences*. 81(8): 75-80.
- Ata, N. 2012. Çine çapari ve karya koyunlarda calpastatin gen polimorfizminin PCR-RFLP yöntemi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Avanus, K., 2015. Genetic Variability of CAST Gene in Native Sheep Breeds of Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 21(6): 789-794.
- Azari, MA., Dehnavi, E., Yousefi, S., Shahmohamadi, L., 2012. Polymorphism of calpastatin, calpain and myostatin genes in native dalagh sheep in Iran. *Slovak Journal Animal Sciences*. 45(1): 1-6.
- Balcıoğlu, MS., Karşlı, T., Şahin Semerci, E., Ulutaş, Z., Aksoy, Y., 2014. Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Yerli Koyun Irklarında Kalpastatin (CAST) Geni Polimorfizminin PCR-RFLP Yöntemiyle Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 20(4): 427-433.
- Barzehkar, R., Salehi, A., Mahjoubi, F., 2009. Polymorphisms of the ovine leptin gene and its association with growth and carcass traits in three iranian sheep breeds. *Iranian Journal of Biotechnology*. 7(4): 241-246.
- Bayrak, G., 2023. Osmaniye ilinde yetiştirilen bazı koyun irklarının CAST ve DGAT1 genotiplerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.
- Bayram, M., Akyüz, B., Arslan, K., Özdemir, F., Aksel, EG., Çınar, MU., 2019. DGAT1, CAST and IGF-I gene polymorphisms in Akkaraman lambs and their effects on live weights up to weaning age. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 25(1): 9-15.
- Boehm, ML., Kendall, TL., Thompson, VF., Goll, DE., 1998. Changes in the calpains and calpastatin during postmortem storage of bovine muscle. *Journal Animal Science*. 76(9): 2415-2434.
- Boman, IA., Klemetsdal, G., Nafstad, O., Blichfeldt, T., Vage, DI., 2010. Impact of two myostatin (MSTN) mutations on weight gain and lamb carcass classification in Norwegian White Sheep (*Ovis aries*). *Genetics Selection Evolution*. 42(1): 1-7.
- Bozhilova-Sakova, M., Dimitrova, I., Teneva, A., Petrov, NM., 2016. PCR-RFLP Analysis of MSTN gene in karakachan sheep breed. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 22(1): 115-117.
- Bozhilova-Sakova, M., Dimitrova, I., Teneva, A., Petrov, NM., 2020. Genotype frequencies in calpastatin (CAST) and callipyge (CLPG) genes in Northeast Bulgarian Merino sheep breed using PCR-RFLP method. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 26(2): 475-479.
- Broad, TE., Glass, BC., Greer, GJ., Robertson, TM., Bain, WE., Lord, EA., Mcewan, JC., 2000. Search for a locus near to myostatin that increases muscling in texel sheep in New Zealand. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*. 60: 110-112.
- Cockett, NE., Jackson, SP., Shay, TL., Farnir, F., Berghmans, S., Snowden, GD., Nielsen, DM., Georges, M., 1996. Polar overdominance at the ovine callipyge locus. *Science*. 273(5272): 236-238.
- Dehnavi, E., Ahani M., Saeed, A., Mohammad H., Nassiry, R., Mohajer, M., Ahmadi, AK., Shahmohamadi, L., Yousefi, S., 2012. Polymorphism of Myostatin Gene in Intron 1 and 2 and Exon 3, and Their Associations with Yearling Weight, Using PCR-RFLP and PCR-SSCP Techniques in Zel Sheep. *Biotechnology Research International*. 2012(6628): 472307.
- Djadid, ND., Nikmard, M., Zakeri, S., Gholizadeh, S., 2011. Characterization of calpastatin gene in iranian afshari sheep. *Iranian Journal of Biotechnology*. 9(2): 145-149.

- Doğru, Ü., Özdemir, M., 2002. Sığırlarda Süt Protein Polimorfizmi'nin Anlam ve Önemi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(4): 457-464.
- Dokgöz, M., 2023. Osmaniye İlinde Halk Elinde Yetiştirilen İvesi ve Akkaraman Koyunlarında Kalpastatin Gen Polimorfizminin PCR-RFLP Yöntemi İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.
- Durmaz, M., 2021. Şanlıurfa ilinde yetiştirilen zom koyunlarında kalpastatin (CAST) gen polimorfizmi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
- Ertuğrul, M., Akman, N., Dellal, G., Goncagül, T., 2000. Hayvan gen kaynaklarının korunması ve türkiye hayvan gen kaynakları. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 17-21 Ocak, Ankara, s. 285-300.
- Farhadian, M., Hashemi, A., Mardani, K., Darvishzadeh, R., Jafari, S., 2012. Polymorphisms in the ovine myostatin gene are associated with birth weight but not with weight gain in iranian makoei sheep. Genetics Molecular Research. 11(4): 3568-3575.
- Gharahveysi, S., Abbasi, HA., Irani, M., Abdollahpour, R., Mirhabibi, S., 2012. Polymorphism investigation of calpastatin gene in zel sheep population of iran by PCR-RFLP method. African Journal of Biotechnology. 11(13): 3211-3214.
- Hickford, JG., Forrest, RH., Zhou, H., Fang, Q., Han, J., Frampton, CM., Horrell, AL., 2010. Polymorphisms in the ovine myostatin gene (MSTN) and their association with growth and carcass traits in New Zealand romney sheep. Animal Genetics. 41(1): 64-72.
- Huff-Lonergan, EJ., Mitsushashi, T., Beekman, DD., Parrish, J., Olson, DG., Robson, RM., 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by mu-calpain is similar to degradation in postmortem bovine muscle. Journal Animal Science. 74(5): 993-1008.
- Jamshidi, S., Karani, S., Goudarzi, M., 2014. Study polyporphism myostatin gene in mehraban's sheep using PCR-RFLP method. Science International Lahore. 26(3): 1129-1135.
- Jawasreh, KI., Jadallah, R., Al-Amareen, AH., Abdullah, AY., Al-Qaisi, A., Alrawashdeh, IM., Al-Zghoul, MBF., Ahamed, MKA., Obeidat, B., 2017. Association between *MspI* calpastatin gene polymorphisms, growth performance, and meat characteristics of awassi sheep. Indian Journal of Animal Sciences. 87(5): 635-639.
- Johnson, PL., Mcewan, JC., Dodds, KG., Purchas, RW., Blair, HT., 2005. A directed search in the region of GDF8 for quantitative trait loci affecting carcass traits in texel sheep. Journal of Animal Science. 83(9): 1988-2000.
- Kaplan, S., Atalay S., 2017. Determination of Calpastatin Gene Polymorphism in Kıvrıkcık Crossbred Ewes by PCR-RFLP Method. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. 31(3): 147-150.
- Kar, B., Öz, B., Yazdıç, FD., Altuğ, K., 2024. Effects of mutation in myostatin exon 3 on growth and carcass characteristics of Savak Akkaraman sheep. Small Ruminant Research. 241(2024): 107386.
- Kırıkçı, K., 2022. Polymorphism of the Calpastatin (CAST) and Growth Differentiation Factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. Journal Animal Produce. 63(1): 21-26.
- Khederzadeh, S., 2011. Polymorphism of calpastatin gene in crossbreed dalagh sheep using PCR-RFLP. African Journal Biotechnology. 10(53): 10839-10841.
- Lonergan, SM., Ernst, CW., Bishop, MD., Calkins, CR., Koohmaraie, M., 1995. Relationship of restriction fragment length polymorphisms (RFLP) at the bovine calpastatin locus to calpastatin activity and meat tenderness. Journal Animal Science. 73(12): 08-12.
- Marcq, F., Larzul, C., Marot, V., Bouix, J., Eychenne, F., Laville, E., Georges, M., Bibe, B., Leroy, PL., Elsen, JM., 2002. Preliminary results of a whole genome scan targeting QTL for carcass traits in a texel romanov intercross. Proceedings of the 7th World Congress on Applied Livestock Production, 19-23 August, Montpellier, pp. 02-14.
- McPherron, AC., Lawler, AM., Lee, SJ., 1997. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF beta super family member. Nature. 387(6628): 83-90.
- McRae, AF., Bishop, SC., Walling, GA., Wilson, AD., Visscher, PM., 2005. Mapping of multiple quantitative trait loci for growth and carcass traits in a complex commercial sheep pedigree. Animal Science. 80(2): 135-41.
- Mohammadi, H., Shahrehabak, MM., Sadeghi, M., 2013. Association between single nucleotide polymorphism in the ovine DGAT1 gene and carcass traits in two iranian sheep breeds. Animal Biotechnologi. 24(3): 159-167.

- Moradian, C., Mohamadi, N., Sheshdeh, S., Hajihosseini, A., Ashrafi, F., 2013. Effects of genetic polymorphism at the growth hormone gene on growth traits in makoei sheep. *European Journal of Experimental Biology*. 3(3): 101-105.
- Nei, M., 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*, Columbia University Press, New York.
- Page, BT., Casas, E., Heaton, MP., Cullen, NG., Hyndman, DL., Morris, CA., Crawford, AM., Wheeler, TL., Koohmaraie, M., Keele, JW., Smith, TP., 2002. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. *Journal of Animal Science*. 80(12): 3077-3085.
- Palmer, BR., Roberts, N., Hickford, JGH., Bickerstaffe, R., 1998. Rapid communication: PCR-RFLP for *MspI* and *NcoI* in the ovine calpastatin gene. *Journal of Animal Science*. 76(5): 1499-1500.
- Peakall, ROD., Smouse, PE., 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular ecology notes*. 6(1): 288-295.
- Ren, H., Li, L., Su, H., Xu, L., Wei, C., Zhang, L., Li, H., Liu, W., Du, L., 2011. Histological and transcriptome-wide level characteristics of fetal myofiber hyperplasia during the second half of gestation in texel and ujumqin sheep. *BMC Genomics*. 12(1): 411.
- Sahu, AR., Jeichitra, V., Rajendran, R., Raja, A., 2019. Novel report on mutation in exon 3 of myostatin (MSTN) gene in Nilagiri sheep: an endangered breed of South India. *Tropical Animal Health and Production*. 51(5): 1-6.
- Saygılı, E. 2021. Morkaraman koyun ırkında miyostatin geni polimorfizmi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Smith, TP., Lopez-Corrales, NL., Kappes, SM., 1997. Myostatin maps to the interval containing the bovine mh locus. *Mammalian Genome*. 8(10): 742-744.
- TÜİK 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kirmizi-Et-Uretim-Istatistikleri-2023-53540> [Son erişim tarihi: 08.05.2023].
- Uğuz, EB., 2022. Yerli koyun ırklarında miyostatin (MSTN) gen polimorfizmi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye.
- Walling, GA., Visscher, PM., Wilson, AD., McTeir, BL., Simm, G., Bishop, SC., 2004. Mapping of quantitative trait loci for growth and carcass traits in commercial sheep populations. *Journal of Animal Science*. 82(8): 2234-2245.
- Wang, J., Zhou, H., Hu, J., Li, S., Luo, Y., Hickford, JG., 2016. Two single nucleotide polymorphisms in the promoter of the ovine myostatin gene (MSTN) and their effect on growth and carcass muscle traits in New Zealand Romney sheep. *Journal of Animal Breeding Genetics*. 133(3): 219-226.
- Xing, HJ., Wang, ZY., Zhong, BS., Ying, SJ., Nie, HT., Zhou, ZR., Fan, YX., Wang, F., 2014. Effects of different dietary intake on mRNA levels of MSTN, IGF-I, and IGF-II in the skeletal muscle of Dorper and Hu sheep hybrid F1 rams. *Genetics and Molecular Research*. 13(3): 5258-5268.
- Yang, G., Forrest, R., Zhou, H., Hodge, S., Hickford, J., 2014. Genetic variation in the ovine uncoupling protein 1 gene: association with carcass traits in New Zealand (NZ) Romney sheep, but no association with growth traits in either NZ Romney or NZ Suffolk sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 131(6): 437-444.
- Yılmaz, O., Sezenler, T., Ata, N., Yaman, Y., Cemali, I., Karaca, O., 2014. Polymorphism of The Ovine Calpastatin Gene in Some Turkish Sheep Breeds. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 38(4): 354-357.
- Yılmaz, O., Çak, B., Demirel, DF., 2024. Investigation of calpastatin (CAST) gene polymorphism in Norduz sheep by PCR-RFLP method. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 75(2): 7451-7456.
- Zhou, H., Hickford, JGH., Gong, H., 2007. Polymorphism of the ovine calpastatin gene. *Molecular and Cellular Probes*. 21(3): 242-244.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

Yarı Kurak Tarım Koşullarında Buğday Üretiminde Toprak İşlemenin Yabancı Ot Varlığı ve Ürün Verimine Etkisi

Sakine Özpinar^{1*}  Osman M. Yaz²  Anıl Çay¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: sozpinar@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.01.2025

Kabul Tarihi: 27.03.2025

Öz

Çalışmada kuru tarım koşullarında buğday üretiminde farklı toprak işleme sistemlerinin birim alandaki yabancı ot varlığı ile biyokütle ağırlığı ve buğday verimi üzerine olan etkisi incelenmiştir. 2019-2020 ve 2020-2021 üretim dönemlerinde yürütülen çalışmada, geleneksel (GTİ), azaltılmış-I (ATİ-I) ve azaltılmış-II (ATİ-II) toprak işleme sistemleri ele alınmıştır. İlk yılda en düşük dane verimi 111 kg da⁻¹ ile GTİ’de belirlenirken, ATİ-I ve ATİ-II’de daha yüksek olup, sırasıyla 132 kg da⁻¹ ve 131 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. İkinci yılda en yüksek dane verimi yüksek yabancı ot yoğunluğuna rağmen ATİ-II’de 142 kg da⁻¹, 135 kg da⁻¹ ile ATİ-I ve 128 kg da⁻¹ ile GTİ izlemiştir. Toprak işleme sistemlerine bakılmaksızın deneme parsellerinde bölgede yaygın varlığı bulunan yabancı otlar yabancı papatya (*Matricaria camomilla*), adi yavşan otu (*Veronica hederifolia* L.), çobançantası (*Capsella bursa-pastoris* L.), kazgagası (*Corydalis bulbosa* L.), dil kanatan (*Galium aparine*) ve yabancı marul (*Lactuca Serriola* L.) gibi türler tespit edilmiştir. En yüksek yabancı ot yoğunluğu 75.33 bitki m⁻² ile ATİ-II’de ve bunu 57.33 bitki m⁻² ile ATİ-I ve 25.33 bitki m⁻² ile GTİ izlemiştir. Birim alandaki yabancı otun kuru biyokütle ağırlığının en yüksek değeri 210 kg da⁻¹ ile ATİ-I’de ve en düşük ise 170 kg da⁻¹ ile GTİ’de, ATİ-II’de ise 173 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, kuru tarım, toprak işleme, yabancı ot yoğunluğu, verim

Effect of Tillage on Weed Density and Yield in Wheat Production in Semiarid Agricultural Conditions

Abstract

The study investigated the effects of tillage systems on weed density, biomass weight and wheat yield in under dry conditions. In the 2019-2020 and 2020-2021, the conventional (GTİ), reduced-I (ATI-I) and reduced-II (ATI-II) tillage systems were considered. In the first year, the lowest grain yield was determined in GTİ with 111 kg da⁻¹, while it was higher in ATI-I and ATI-II, 132 and 131 kg da⁻¹, respectively. In the second year, the highest yield was 142 kg da⁻¹ in ATI-II despite the high weed density, followed by ATI-I with 135 kg da⁻¹ and GTİ with 128 kg da⁻¹. Regardless of the tillage systems, common weeds in the region were determined as petalless daisy (*Matricaria camomilla*), Ivy-leaved speedwell (*Veronica hederifolia* L.), shepherd’s purse (*Capsella bursa-pastoris* L.), goose beak (*Corydalis bulbosa* L.), sticky willy (*Galium aparine*) and wild lettuce (*Lactuca Serriola* L.). The highest weed density was in ATI-II with 75.33 weeds m⁻², followed by ATI-I with 57.33 and GTİ with 25.33 weeds m⁻², respectively. The dry biomass weight of weed was determined as the highest with 210 kg da⁻¹ in ATI-I and the lowest with 170 kg da⁻¹ in GTİ, while it was determined as 173 kg da⁻¹ in ATI-II.

Keywords: Wheat, dry agriculture, soil tillage, weed density, yield

Giriş

Tarımsal üretim alanlarında bitkilerin gelişmesi iklim ve toprak gibi çevresel koşullara bağlıdır. Bu koşullarla birlikte bitki gelişimine üretim sistemleri ve uygulanan kültürel uygulamalar da etkilidir. Ancak tarımsal üretim potansiyeli yüksek olan ve ülkemizde yer aldığı Akdeniz havzası gibi bölgelerde son yıllarda yağış rejimi ve yıl içindeki düzensizliği sıklıkla yaşanan bir durumdur (Navarra ve Tubiana, 2013). Küresel anlamda aşırı yağış olaylarının sıklığının ve büyüklüğünün arttığı yirmi

birinci yüzyılda bölgesel düzeyde daha şiddetli ve daha uzun süreli kuraklıkların meydana geldiği kabul edilmektedir (Seneviratne ve ark., 2012). Dolayısıyla Akdeniz havzasında artan kuraklıkların sıklığı, tarımsal üretimde ürün veriminde kayıp ve biyolojik çeşitlilik üzerine olumsuzlukları iklim koşullarından daha güçlü bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan tarımsal üretimde yoğun toprak işleme gerektiren üretim sistemleri ve toprak yüzeyinde bitki artığı bırakarak toprağın az işlenmesini ve bitki çeşitliliğinde artış sağlayan azaltılmış toprak işleme veya direk ekim uygulamaları yer alıyor. Bu uygulamalar ile tarımsal üretim alanlarında erozyon riskini azalttığı gibi enerji kullanımı ve sera gaz emisyonlarını azaltarak iş gücünden ve zamandan tasarruf sağladığı gibi floranın da çeşitlenmesine katkı sunmaktadır (Chaudhuary ve ark., 2020). Diğer yandan bu tür uygulamaların toprak yüzeyinde bırakmış olduğu bitki artıkları yıl boyunca yağışla gelen suyun toprak içine sızmasını artırarak toprağın nem içeriğini düzenlemede katkı sağlamaktadır. Özellikle yağış ile beslenen ve kurak alanlarda buğday gibi tahılların topraktaki sudan fayda sağlayarak verimde artış yaptığı belirtilmektedir (Chaghazardi ve ark., 2016). Buna karşın yoğun toprak işlemeli geleneksel üretim sistemlerinin ise yağışın az olduğu alanlara karşın, fazla olduğu koşullarda buğday veriminde artış sağladığı belirtilmiştir (Cantero-Martínez ve ark., 2007). Ancak, aşırı yağış ve toprakta fazla su varlığı ürün veriminde önemli kayıplara neden olan yabancı otların türlerinde ve yoğunluğunda artışa neden olmaktadır (Campiglia ve ark., 2015). Dolayısıyla yıllık toplam yağış ve yıl içindeki mevsimlere göre dağılımının yabancı otların çimlenmesi üzerine etkisi oldukça yüksektir (Blackshaw ve ark., 2001; Hernanz ve ark., 2014). Ayrıca ürün verim kaybı üzerine geleneksel üretim sistemlerinin, özellikle Akdeniz havzası kuru tarım alanlarında tahıl üretiminde monokültürü teşvik etmesi ve buğday gibi ürünlerde etkili olduğu bilinmektedir (Cantero-Martínez ve ark., 2007). Bu gibi alanlarda tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için tahıl-baklagil gibi ekim nöbeti ve azaltılmış toprak işlemeli koruyucu toprak işleme sistemleri fayda sağlamaktadır.

Temel besin kaynağı olan buğday dünya genelinde en fazla yetiştirilen ürünler arasında yer almaktadır. Ülkemizde de yetiştirilen başlıca ürünler arasında yer aldığı gibi özellikle kuru tarımda diğer kuru tarım ürünleri arasında en fazla ekim nöbetine alınan önemli bir üründür. Başta Orta Anadolu, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Marmara bölgesinin Trakya alanında bilhassa kurak alanlarında halkın başlıca geçim kaynağını oluşturmaktadır. Önemli tarım ürünü olan buğdayın kalitesini ve verimini sınırlayan faktörler üretim sistemleri olduğu gibi bitki koruma etmenleri de önem taşımaktadır. Bu etmenler bitki zararlıları ve hastalıkları yanında yabancı otlar da özellikle üründe verim kayıplarına neden olmaktadır. Yabancı otlar kültür bitkisi ile besin maddesi, su, ışık ve yaşam alanı bakımından rekabete girerek verimde ve kalitede önemli kayıpların oluşmasına neden olmaktadır (Özer ve Önen, 2001). İklim ve toprak özelliklerine göre değişim gösteren yabancı ot çeşitliliği ürün veriminde %15 ile %50 arasında değişen oranlarda azalma oluşturmaktadır (Sirazuddin ve ark., 2015). Gelişmiş ülkelerde ürün veriminde ortalama %10-15 oranında bir azalma meydana gelirken, bazı Asya ülkelerinde bu oran daha yüksek olup %45 civarındadır. Avrupa ülkelerinde ise yabancı otların ürün veriminde oluşturduğu kayıplar ülkelere göre değişmekte ve Almanya'da %15-25 düzeyinde, İngiltere'de ise oldukça yüksek olup %66 olarak bildirilmiştir (Whitehead ve Wright, 1989). Ancak, yabancı otlardan ileri gelen verim kayıpları kültür bitkilerine göre farklılık göstermektedir. Ülkemizde ise yabancı otların ürün verimindeki kayıpları buğday gibi ürünlerde %20-30 düzeyinde iken, şeker pancarında %90 gibi çok daha yüksek oranlara kadar çıkabilmektedir (Özer ve Önen, 2001).

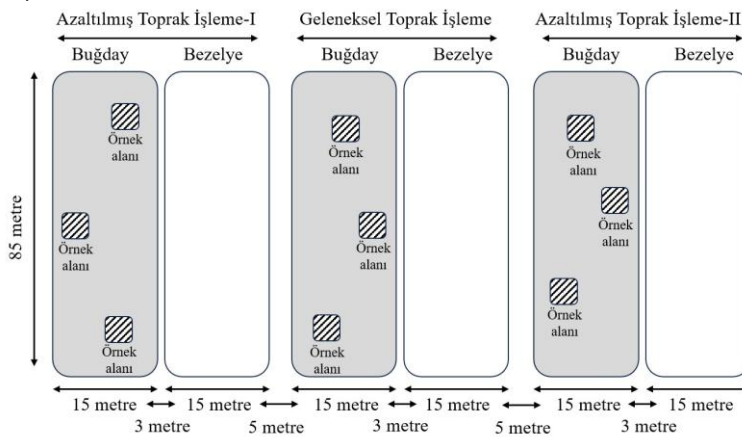
Bu nedenle kültür bitkisi ve yabancı ot türüne, iklim ve toprak özelliklerine göre etkin bir yabancı ot kontrol ve üretim sisteminin seçimi ürün kalitesi ve veriminde önemli ölçüde artış sağlamaktadır (Derksen ve ark., 2017). Üretim sistemi kapsamında ele alınan toprak işleme uygulamaları ile temel olarak tohum yatağının hazırlığı hedeflenirken aynı zamanda yabancı otlarla da mücadele edilmektedir. Ancak toprak işleme sistemine bağlı olarak farklı toprak işleme makinaları kullanıldığından; toprak ve yabancı ot varlığı uygulanan toprak işleme uygulamasından farklı düzeylerde etkilenmektedir (Streit ve ark., 2003). Kulaklı pulluğun temel toprak işleme aleti olarak kullanıldığı geleneksel toprak işleme sisteminde bazı yabancı otların kontrolü sağlanabilmektedir. Kulaklı pulluğun toprağı işleme sırasında devirmesi bazı toprak yüzeyinde yer alan yabancı ot tohumlarının derine gömülmesiyle çıkışlarını olumsuz etkilemektedir (Ozpinar, 2006). Ancak, bu uygulamada toprak alt-üst edildiği için bir önceki yıla ait toprağa gömülen tohumlar bir sonraki yıl yüzeye çıkartılarak çimlenmeye teşvik edilebilmektedir. Bu uygulama özellikle tohumları uzun süre toprakta canlı kalabilen yabancı ot tohumlarının varlığını sürdürmesinde etkili olabilmektedir. Buna karşın toprağın alt-üst edilmediği, belli miktarda veya tüm anızın toprak yüzeyde bırakıldığı koruyucu toprak işleme sistemlerinde ise geleneksel toprak işlemenin yarattığı bu sorun görülmemektedir (Unger,

1990). Bu tür uygulamalarda ise toprak işleme azaltıldığı için yabancı ot kontrolü tamamen herbisitlerle kontrol altına alınmaktadır. Buğday ve benzeri tahılların genel olarak erken dönemlerinde gelişmelerinin yavaş olmasından dolayı yabancı otlarla olan rekabet oranları düşük olmakta ve yabancı otlara karşı olan hassasiyetleri de artmaktadır. Özellikle buğday gibi kışlık tahıllarda yabancı otların sebep olabileceği verim düşmelerine karşın mücadele işlemlerinin yer alması gerekmektedir. Benzer şekilde azaltılmış toprak işlemeli üretim sistemlerinde de kültür bitkisinin erken döneminde yabancı ot varlığı ve çeşitliliğinin bitkinin gelişimi üzerine etkili olduğu ve mücadele edilmesi gerekmektedir (Tottman ve ark., 1982). Geleneksel toprak işleme ile karşılaştırıldığında, tahıl üretiminde azaltılmış toprak işleme sistemlerinde çok yıllık yabancı otların belirgin bir şekilde arttığı ve arazide yabancı ot biokütlesinin artmasına neden olduğu saptanmıştır (Velykis ve Satkus, 2012). Dolayısıyla genel olarak kışlık tahıllarda sonbaharda ekim sırasında yapılan herbisit uygulaması, ilkbaharda yapılan uygulamaya göre kültür bitkisini yabancı ot rekabeti yönüyle daha avantajlı hale getirmektedir (Pilipavičius ve ark., 2010). Ayrıca sonbaharda çimlenen geniş yapraklı yabancı otların kültür bitkisi ile rekabet düzeyinin dar yapraklı yabancı otlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır (Tottman ve ark., 1982).

Bu çalışmada buğday üretiminde önemli potansiyele sahip Çanakkale yöresinde kuru tarım alanlarında farklı toprak işleme sistemlerinin yabancı ot varlığı üzerine olan etkisi ele alınmıştır. Deneme parselleri toprak işleme bakımından 20 yıldan daha fazla çakılı özellikte olup, farklı ürün rotasyonları ile üzerinde üretim devam etmiştir. Yörede geleneksel olarak benimsenen kulaklı pulluk ile toprak işlemenin yapıldığı uygulama ile buna alternatif olarak rototiller ve çizel ile toprak işlemenin yapıldığı azaltılmış toprak işleme sistemlerindeki veriler ele alınmıştır. Bu uygulamaların yabancı otların türleri, yoğunluğu, biokütlesi ve buğday bitkisi verimi üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

Materiyal ve Yöntem

Çalışma Çanakkale ilinin merkez ilçesinde yürütülmüştür. Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Marmara Bölgesi'nde bulunan ilin deniz seviyesindeki yüksekliği 0-100 m arasında değişmektedir. Toprakları Avrupa ve Asya kıtalar üzerinde olan ilin 25°40'-27°30' doğu boylamları ve 39°27'-40°45' kuzey enlemleri arasında olup, toplam 9737 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma ilin merkez ilçesine bağlı Dardanos mevkinde yer alan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Biriminde devam etmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü araştırma birimi 26°21'55.05" doğu boylamı ve 40°4'27.03" kuzey enlemi arasında yer almakta ve toplam 120 dekar alandan oluşmaktadır. Çalışma bu birim içinde yer alan yaklaşık 9 dekardan oluşan Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünün çakıllı toprak işleme parsellerinde 2019-2020 ve 2020-2021 üretim dönemlerinde devam etmiştir (Şekil 1). Bu alan ilin merkez ilçesi sınırlar içinde yer alması nedeniyle iklim özellikleri bakımından ilin karakteristik özelliklerini taşımaktadır (Çizelge 1).



Şekil 1. Toprak işleme sistemlerinin ana parseller ve ürün desenlerine ait alt parselleri
Figure 1. Main plots of tillage systems and sub-plots of crop patterns

Yaz ayları sıcak ve kurak iken, kış ayları ise ılık ve yağışlıdır. Çalışma alanı deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 10 metre civarındadır. Üretim dönemleri ile uzun yıllar arasındaki yağış miktarı incelendiğinde, birinci ve ikinci üretim dönemlerinin ilk çeyreği olan Ekim-Kasım-Aralık aylarının toplam yağış miktarı sırasıyla 101 mm ve 166 mm iken, uzun yılların verileri ise 247 mm olduğu

görülmektedir (Çizelge 2). Toplam yağış miktarı bakımından ise ilk ve ikinci yıla ait değerlerin 379 mm ve 685 mm ile uzun yıllar ortalamasına (570 mm) göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Çalışmanın yürütüldüğü yıllar ve uzun döneme ait aylık yağış miktarı

Table 1. Monthly rainfall for the study periods and long-term years

Ay	2019		2020		2021		1990-2021	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Ocak	93	18	57	13	165	23	76	12
Şubat	68	14	48	10	125	17	74	12
Mart	65	13	24	5	74	10	65	11
Nisan	87	17	56	12	40	6	49	8
Mayıs	5	1	55	12	57	8	31	5
Haziran	57	11	39	8	57	8	28	5
Temmuz	20	4	0	0	2	0	13	2
Ağustos	11	2	3	1	0	0	7	1
Eylül	1	0	10	2	9	1	24	4
Ekim	35	7	51	11	76	11	66	11
Kasım	19	4	1	0	27	4	77	13
Aralık	47	9	114	25	82	11	104	17
Toplam	506	100	457	100	714	100	614	100

Çizelge 2. Yılın farklı zaman dilimlerindeki yağış miktarı, en yüksek, en düşük ve ortalama hava sıcaklığı

Table 2. Rainfall at different period of the year, highest, lowest and average air temperature

Yıl	ÇR1	ÇR2	ÇR3	ÇR4	ÜD
Yağış (mm)					
2019-2020	101	130	149	13	379
2020-2021	166	364	155	11	685
1990-2021	247	215	108	43	570
En yüksek hava sıcaklığı (°C)					
2019-2020	30.60	20.90	35.40	36.70	35.40
2020-2021	31.80	20.60	38.50	39.70	38.50
1990-2021	31.80	24.20	38.90	39.10	38.90
En düşük hava sıcaklığı (°C)					
2019-2020	2.00	-1.50	3.90	15.70	-1.50
2020-2021	1.90	-4.40	1.80	12.00	-4.40
1990-2021	-7.20	-11.20	-1.30	8.70	-11.20
Ortalama hava sıcaklığı (°C)					
2019-2020	16.03	9.60	17.70	26.55	14.45
2020-2021	14.49	9.35	18.99	26.55	14.28
1990-2020	12.50	7.50	17.87	24.47	12.62

ÇR1, yılın ilk çeyreği (Ekim-Kasım-Aralık); ÇR2, yılın ikinci çeyreği (Ocak-Şubat-Mart); ÇR3, yılın üçüncü çeyreği (Nisan-Mayıs-Haziran); ÇR4, yılın dördüncü çeyreği (Temmuz-Ağustos-Eylül); ÜD, üretim dönemi (Ekim-Haziran). Not, bundan sonraki metin alanı içinde kısaltmalar bu adlandırma ile devam edecektir.

Üretim dönemi içinde gözlemlenen en yüksek hava sıcaklık değeri her iki buğday üretim dönemi ve uzun yıllar ortalaması için temmuz ayında kaydedilmiş olup, 36.70-39.70 °C arasında değişmiştir (Çizelge 3). En düşük sıcaklık ise şubat ayında -11.20 °C ve -1.50 °C arasında ve sıfırın altında kalmıştır.

Bitkinin çıkış döneminde önemli olan toprak sıcaklığı ise farklı toprak derinlikleri için Çizelge 4'te verilmiştir. 5 cm ve 10 cm toprak derinliklerine ait toprak sıcaklıklarının çalışma yılları ile uzun dönem verilerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Yılın çeyrek dilimlerinin yer aldığı Çizelge 5 incelendiğinde, her iki üretim dönemindeki ortalama toprak sıcaklıklarının uzun yıllara kıyasla daha yüksek kaydedilmiştir.

Çizelge 3. Çalışma ve uzun yıllara ait en yüksek, en düşük, ortalama hava sıcaklık değerleri

Table 3. Highest, lowest and average air temperature values for the study and long-term years

Ay	En yüksek (°C)				En düşük (°C)				Ortalama (°C)			
	2019	2020	2021	1990-2021	2019	2020	2021	1990-2021	2019	2020	2021	1990-2021
Ocak	15.90	16.50	20.60	19.90	-2.20	-0.60	-4.40	-8.60	7.69	7.35	9.81	6.40
Şubat	15.90	18.00	19.60	20.90	-2.50	-1.50	-3.70	-11.20	7.15	9.73	9.13	7.00
Mart	20.80	20.90	18.30	24.20	0.90	1.20	0.60	-4.40	10.80	11.73	9.13	9.10
Nisan	24.10	24.00	24.20	29.20	3.80	3.90	1.80	-1.30	13.41	12.26	13.05	12.80
Mayıs	33.30	32.10	35.60	38.90	8.10	8.80	11.20	3.40	19.62	18.21	19.86	18.00
Haziran	36.20	35.40	38.50	36.80	14.90	13.10	13.80	8.40	25.77	22.65	24.08	22.80
Temmuz	36.80	36.70	39.10	39.00	16.70	17.00	19.80	11.60	26.75	27.00	28.24	25.80
Ağustos	36.70	36.10	39.70	39.10	18.00	18.80	21.50	13.80	27.55	27.13	28.28	26.00
Eylül	33.60	35.00	32.80	35.90	12.20	15.70	12.00	8.70	23.38	24.69	23.13	21.60
Ekim	30.60	31.80	24.60	31.80	10.50	8.10	11.00	2.90	19.45	19.30	18.16	16.80
Kasım	25.40	20.80	23.80	25.40	7.30	3.60	7.30	-2.80	17.48	12.69	15.85	12.40
Aralık	19.70	18.20	19.80	22.90	2.00	1.90	8.30	-7.20	11.17	11.49	15.45	8.30
Yük. değer	36.80	36.70	39.70	39.10	-2.50	-1.50	-4.40	-11.20	27.55	27.13	28.28	26.00

Çizelge 4. Üretim ve uzun yıllara ait toprağın farklı derinliklerindeki toprak sıcaklığı

Table 4. Soil temperature at different depths of the soil for study and long-term years

Ay	5 cm (°C)				10 cm (°C)			
	2019	2020	2021	1990-2021	2019	2020	2021	1990-2021
Ocak	6.97	6.55	9.34	6.50	7.28	7.06	9.68	6.80
Şubat	7.10	8.72	8.80	7.30	7.53	8.98	8.99	7.40
Mart	10.32	10.99	9.01	10.30	10.47	11.16	9.23	10.20
Nisan	13.58	13.00	13.04	15.30	13.69	13.02	12.87	15.00
Mayıs	20.90	20.32	20.88	21.70	20.71	20.13	20.56	21.20
Haziran	26.35	24.70	25.58	27.10	26.19	24.46	25.22	26.20
Tem.	28.32	29.36	29.75	30.00	28.15	28.97	29.10	29.10
Ağus.	28.49	29.37	29.74	29.90	28.55	29.14	29.23	29.00
Eylül	24.64	26.34	23.79	24.80	24.91	26.49	24.05	24.60
Ekim	19.33	20.23	17.15	18.20	19.78	20.40	17.59	18.50
Kasım	16.45	13.76	14.02	12.70	16.80	14.32	14.35	13.10
Aralık	10.51	11.07	12.48	8.30	11.08	11.41	12.79	8.80
Ort.	17.75	17.87	17.80	17.70	17.93	17.96	17.80	17.50

Çizelge 5. Yılın farklı zaman dilimlerindeki toprak sıcaklık değerleri

Table 5. Soil temperature values for different time periods of the year

Yıl	ÇR1	ÇR2	ÇR3	ÇR4	ÜD
0-5 cm					
2019-2020	15.43	8.75	19.34	28.36	14.51
2020-2021	15.02	9.05	19.83	27.76	14.63
1990-2021	13.07	8.03	21.37	28.23	14.16
5-10 cm					
2019-2020	15.89	9.07	19.20	28.20	14.72
2020-2021	15.38	9.30	19.55	27.46	14.74
1990-2021	13.47	8.13	20.80	27.57	14.13

Deneme parsellerindeki toprak, killi-tınlı, organik madde (%1.92) bakımından fakir, orta kireçli ve toprak tuzsuz özelliktedir (Aktar, 2011) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Deneme parsellerine ait toprağın bazı temel özellikleri
Table 6. Some basic characteristics of the soil in the study plots

Bünye (%)	pH	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Tuz (%)	P (P ₂ O ₅ kg da ⁻¹)	K (K ₂ O kg da ⁻¹)
54	7.78	1.92	8.05	0.73	3.32	71.4
Killi-Tınlı	Hafif Alkali	Az	Orta Kireçli	Tuzsuz	Az	Yeterli

Çalışma alanındaki toprak işleme parsellerinde yaklaşık olarak 20 yıldır çakılı özellikte toprak işleme ve ekim sistemleri farklı ürün rotasyonları ile devam etmiştir (Şekil 1). Bu süre içinde çalışma alanı verileri toprak ve bitki özellikleri bakımından ele alınmış ve değerlendirilmesi yapılmış, elde edilen sonuçlar pek çok yayına dönüştürülmüştür (Ozpınar ve Cay, 2005; Ozpınar, 2006; Ozpınar ve Ozpınar, 2011; Ozpınar ve Ozpınar, 2015; Ozpınar, 2016). Çakılı özellikteki toprak işleme sistemlerine ait deneme parselleri 85 m x 35 m boyutlarında olup, geleneksel toprak işleme (GTİ), azaltılmış toprak işleme-I (ATİ-I) ve azaltılmış toprak işleme-II (ATİ-II) olmak üzere üç ana parselden oluşmaktadır (Şekil 1). Toprak işleme parsellerinde ortalama 25 cm toprak derinliğinde işleme özelliği yaratan ve toprağı devirme özelliği bulunan geleneksel toprak işleme sisteminde sırasıyla kulaklı pulluk, diskaro, tırmık ve devamında ekim yapılmıştır. Azaltılmış toprak işleme-I sisteminde ise rototiller ile toprak ortalama 15 cm derinliğinde işlenmiş ve arkasından tırmık uygulayarak ekim işlemi tamamlanmıştır. Azaltılmış toprak işleme-II sisteminde ise yaklaşık 35 cm derinlikte toprağı çizerek işleyen çizel aleti kullanılmış ve azaltılmış toprak işleme-I sistemine benzer olarak tırmık çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim işleminde ise her üç parselde aynı ekim makinası kullanılarak ekim işlemi yapılmıştır. Her bir toprak işleme parseli altında ise 85 m x 15 m boyutlarındaki alt-parsellerde farklı ürünler yetiştirilmiştir (Ozpınar, 2006; Ozpınar ve Ozpınar, 2015). Ancak çalışmanın yürütüldüğü yılda ise bu alt parsellerde buğday ve yem bezelyesi üretimi yapılmıştır. Diğer taraftan çalışma alanı parsellerinde gübre, pestisit veya bitki koruma ilacı, su ve benzeri diğer girdilerin uygulama miktarı ve zamanı toprak işleme sistemleri gözetilmeksizin aynı tutulmuştur. Tüm toprak işleme sistemlerinde tüm kültürel işlemler için aynı traktörden yararlanılmıştır.

Deneme Verilerinin Alınması ve Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Çalışmanın deneme planı tesadüfi bloklar deneme desenine göre kurulmuştur (Ozpınar ve Ozpınar, 2015). Her toprak işleme sistemi için bitişik sınır özelliğinde bir parsel mevcut olup, parsel kendi içinde uzunlamasına üçe bölünmüş ve tekerrürler oluşturulmuştur. Ekim işleminden sonra yabancı otlara ait bitki çıkışları başlayınca 1 m²'lik çember yardımı ile belirlenmiş alanlarda bitki çıkış sayımları yapılmıştır. Ayrıca yabancı ot tür sayımı ve biokütle miktarı gibi çalışmalar aynı tekerrürler üzerinden devam etmiştir. Belirtilen bu işlemlerin yürütülmesi için ekim işleminden sonra her parselde aynı ekim sıralarına denk gelmeyecek şekilde zikzak doğrultu izlenerek 3-tekerrür belirlenmiş ve sabit olacak 1-m² alanlar oluşturulmuştur (Şekil 1). Bunların sınır kenarları kazıklar ve iplerle sabitleştirilmiştir. Yabancı ot bitki çıkışları tamamlanana kadar, her sayım işlemi bu alanlarda devam etmiştir.

Birim alanda (1-m²) yabancı ot bitkisine ait biokütle ağırlıklarının belirlenmesi için örnekleme yapılmıştır. Örnekleme buğday ekim işleminden 167 gün sonra her parsel bazında 3-tekerrür olacak şekilde 1 m² alan içinde kalan tüm bitkiler orak ile mümkün olduğunca yüzeye yakın hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler buğday ve yabancı ot olmak üzere ayrı ayrı hemen arazi koşullarında el kantarı ile yaş ağırlıkları tartılmıştır. Söz konusu biokütle yaş ağırlıkları laboratuvar ortamına taşınmış olup, önce normal hava koşullarında kurutulmuştur. Sonra numune ağırlıklar alınarak etüvde tam kuruyana kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Fırında kuruyan biokütle tartılmış ve böylece fırın kuru ağırlıkları üzerinden birim alandaki miktarları saptanmıştır. Buğdayın olgunlaşma döneminde dane ve sap veriminin belirlenmesi için elle hasat işlemi yapılmıştır. Bunun için her buğday parselinde 3-tekerrür olacak şekilde 1-m²'lik alandaki örnek alanlar hasat edilmiştir. El orağı ile her parselden belirlenmiş 3-tekerrürden bitkiler biçilmiş ve laboratuvara taşınmıştır. İçindeki yabancı otlar ayıklanmış ve geri kalan buğday kütlelerinde elle dane ve sap harmanlanarak ayrılmıştır. Harmanlama işleminde dane ve sap verimleri belirlenerek birim alan üzerinde (kg da⁻¹) verimleri saptanmıştır. Buğdayın dane ve sap verimi hesaplanmasından sonra formül 1'de verilen hesaplama yöntemine göre hasat indeksi (HI) belirlenmiştir.

$$HI = \frac{\text{Dane ağırlığı}}{\text{Dane ağırlığı} + \text{sap ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

Toprak işleme sistemlerinin ele alınmış olan faktörler üzerindeki etkilerini saptamak amacıyla Minitab R21.4 istatistik yazılımı (StatSoft, Inc., Tulsa OK, ABD) kullanılarak %5 önemlilik seviyesinde ANOVA testi yapılmış ve ortalamalar arası farklılıklar %5 güven düzeyinde Tukey testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Birim Alandaki Yabancı Ot Varlığı

Tarımsal üretimde ürün kalitesi ve verimi üzerine etkili faktörlerden biri olan yabancı ot varlığı toprak işleme gibi kültürel uygulamalardan etkilenmektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretim için en çok değişime uğrayan kültürel uygulamalar arasında toprak işleme, günümüzde azaltılmış veya sıfır toprak işleme uygulamaları şeklinde de yapılmaktadır. Bu amaçla 20 yılın üzerinde çakılı toprak işleme olarak azaltılmış toprak işleme-I, azaltılmış toprak işleme-II ve geleneksel toprak işleme uygulamalarından sonra yabancı ot çeşidine bakılmaksızın birim alandaki yabancı ot yoğunluğu Çizelge 7’de verilmiştir. Buğday üretiminin yapıldığı parsellerde en yüksek ot yoğunluğunun çizel aletinin kullanıldığı ATİ-II (75 ± 16.65) parselinde belirlenmiştir. Bunu rototiller (57 ± 18.5) izlemiştir. Kulaklı pulluğun kullanıldığı parselde ise en düşük ot yoğunluğu tespit edilmiştir (25 ± 8.74). İstatistiksel olarak, en yüksek yabancı ot yoğunluğu toprağı çizerek işleyen çizel ile en az yabancı ot ise toprağı devirerek işleyen geleneksel toprak işleme sistemi arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. Toprak işleme uygulamaları arasındaki bu farkın çalışmanın yürütüldüğü yıllardaki geç yapılan buğday ekimden (kasım ayı başı) dolayı meydana geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 7. Toprak işleme sistemlerinin birim alandaki ot yoğunluğuna etkisi

Table 7. Effect of tillage systems on weed density per unit area

Toprak işleme sistemi	Yabancı ot yoğunluğu (adet m ⁻²)
ATİ-I	$57 \pm 18.5(32.27)^{ab}$
ATİ-II	$75 \pm 16.65(22.11)^a$
GTİ	$25 \pm 8.74(34.49)^b$

Yabancı Otun Kuru Biokütle Ağırlığı

Birim alanda sayısal olarak belirlenmiş yabancı otların (Çizelge 7) kuru biokütle ağırlıkları da belirlenmiştir (Çizelge 8). Kuru biokütle ağırlığı buğdayın tam olgunlaşma ve dane dolum evresinde (ekim işleminden 183 gün sonra) belirlenmiştir. Ayrıca en son yabancı ot sayımından (172 gün) sonra bitkilerin gelişimlerinin en yüksek olduğu bu dönemde birim alanda alınan tüm yabancı ot bitki örnekleri esas alınmıştır. Toprak yüzeyinde mümkün olduğunca derin kesilen otların fırın kuru ağırlıkları esas alınmış ve elde sonuçlar değerlendirmeye tabi tutulmuştur (Çizelge 8).

Çizelge 8. Ekim işleminden 183 gün sonra birim alandaki kuru otun biokütle miktarı

Table 8. Dry weed biomass amount per unit area 183 days after planting

Toprak işleme sistemi	Birim alandaki kuru yabancı ot miktarı(kg da ⁻¹)
ATİ-I	$210 \pm 52.92(25.20)^a$
ATI-II)	$173 \pm 58.59(33.80)^a$
GTİ	$170 \pm 45.83(26.96)^a$

Yabancı ot örneklerinin özellikle herbisit uygulamasından 56 gün (02.04.2021) sonra alınmış olması, uygulamalar bazında birim alandaki yabancı ot kütlelerini azaltmıştır. Çizelge 8 incelendiğinde, birim alandaki yabancı ot ağırlığı rototiller uygulamasında daha yüksek elde edilmiştir. Ancak, deneme parsellerinde baskın olarak varlığı söz konusu olan yabancı papatya (*Matricaria camomilla*)’nın yoğunluğu hariç tutulduğunda ise rototiller uygulamasında yabancı ot varlığının en yüksek değerde olduğu ve bunu sırasıyla çizel ve kulaklı pulluğun izlediği ortaya çıkmıştır. Çizelge 9’da yer alan adi yavşan otu (*Veronica hederifolia* L.), çobançantası (*Capsella bursa-pastoris* L.), kazgagası (*Corydalis bulbosa* L.), yabancı marul (*Lactuca Serriola* L.) gibi yabancı otların rototiller uygulamasında yüksek olması bu uygulamadaki biokütle ağırlığının yüksek olmasını destekler durumdadır. Benzer şekilde Ashrafi ve ark. (2010) toprak işlemenin azaltıldığı sistemin geleneksel kulaklı pulluk sistemine göre toprak üstü yabancı ot ağırlığını artırdığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar özellikle toprak işlemez üretim sistemlerinde yabancı ot tohumlarının toprak yüzeyine yakın toprak profili içine karışması nedeniyle toprakla olan teması artırması sonucu yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan yağışın

buğday üretim yıllarına göre 529-822 mm arasında değişen Akdeniz havzası koşullarında herbisit uygulanmadan yapılan yabancı ot örneklemesinde toprak işleme sistemlerine bakılmaksızın, kuru ot miktarının 55-77 ton da⁻¹ arasında değiştiğini belirtilmiştir (Petroselli ve ark., 2021). Araştırmacılar bizim çalışmamızda elde edilen sonuçların tersine en yüksek yabancı ot ağırlığının derin toprak işlemede (dipkazan) 77350 kg da⁻¹ iken, kulaklı pullukta ise daha düşük 55275 kg da⁻¹ olduğu ifade etmişlerdir. Ayrıca, en düşük miktarın ise belleme ve rototiller kombinasyonu etkisine sahip olan makinada 61100 kg da⁻¹ olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca araştırmacılar bildirdikleri bu sonuçlara göre yüksek olan yabancı ot biokütle ağırlığının çevre, iklim koşulları ve en önemlisi ise herbisit uygulaması yapılmadan alınan örneklemenin bir sonucu olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Velykis ve Satkus (2012) geleneksel toprak işleme ile karşılaştırıldığında, azaltılmış toprak işleme sistemlerinde tahıl üretiminde çok yıllık yabancı otların belirgin bir şekilde arttığı ve arazide yabancı ot biokütlesinin arttırdığını bildirmişlerdir.

Buğday Üretiminde Farklı Tarihlerdeki Yabancı Otların Sayısal Yoğunluğu

Buğday üretiminde farklı toprak işlemenin ele alındığı bu çalışmada belirlenmiş yabancı ot türlerinin birim alandaki (adet m⁻²) sayısal yoğunlukları Çizelge 9'de verilmiştir. Ekim işleminden sonra başlamak üzere bitki çıkışlarının durduğu zamana kadar geçen dönemde farklı sayımlar periyodik olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre genel olarak tarım alanlarında önemli sorunlara neden olan Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae ve Poaceae gibi yabancı ot familyalarının (Özer ve Önen, 2001) çalışma alanında baskın olduğu görülmüştür. Bu çalışmada toprak işleme sistemlerine bakılmaksızın birim alanda en fazla belirlenen yabancı ot türlerinin yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.), yabancı papatya (*Matricaria discidea*) ve adi yavşan otu (*Veronica hederifolia* L.) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 9). Yabancı hardal ekim işleminden 43 gün sonra aralık ayında itibaren görülmeye başlanmış ve bir sonraki yılın Şubat ayının başına kadar sayısal olarak artışları devam etmiştir (Çizelge 9). Bu türe ait tohumların sayısal olarak yüksekliği ve ayrıca toprakta yaklaşık 35 yıl kadar canlı kalma süreleri tarım alanlarında daha yoğun olarak bulunmasına neden olmuştur (Özer ve Önen, 2001). Benzer şekilde yabancı papatya ve adi yavşan ot türleri de aynı tarihlerde çıkış sayımlarına başlanmış ve sayım işlemleri Mayıs ayının başına kadar çıkışlar durana kadar devam etmiştir (Çizelge 9). Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde kuru tarım alanlarında buğday üretiminde birim alanda en fazla bulunan türlerden olan yabancı hardal (1.59 bitki m⁻²), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) (1.48 bitki m⁻²), gelincik (*Papaver rhoeas* L.) (1.29 bitki m⁻²), yabancı yulaf (*Avena spp.*) (1.63 bitki m⁻²), dil kanatan (*Galium aparine* L.) (2.05 bitki m⁻²) ve adi fiğın (*Vicia sativa* L.) (1.67 bitki m⁻²) olduğu bildirilmiştir (Sırrı, 2019). Ancak, Sırrı (2019) tarafından bildirilen çalışmada ise birim alandaki yabancı ot yoğunluğunun bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada yüksek yabancı ot yoğunluğunun kimyasal mücadele yapılmadan sayımların devam etmesinin bir sonucu olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, birim alandaki yabancı ot yoğunluğuna iklim ve bölge farklılıklarının etkili olduğu, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki tespitlerin mücadele sonrası olması birim alandaki ot varlığını düşürmüş olduğu şeklinde ifade edilebilir. Önen ve ark., (2018) tarafından da ifade edildiği üzere bölgelerin iklim ve coğrafi koşullarının da bir sonucu olarak baskın türler arasında büyük farklılıkların olduğu belirtilmiştir. Marmara Bölgesi ile benzer iklim özelliklerine sahip olan Ege Bölgesi'nde buğday üretim alanlarında rastlanan en baskın türlerin hakiki papatya (*Matricaria chamomilla* L.), gelincik (*Papaver rhoeas* L.), eşek turpu (*Raphanus raphanistrum* L.), yabancı yulaf (*Avena spp.*), fare kulağı (*Anagallis arvensis* L.), çobançantası (*Capsella bursapastoris* L.) Medik., İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.), çoban değneği (*Polygonum aviculare* L.), kazayağı (*Chenopodium album* L.) ve tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) olduğu belirtilmiştir (Boz, 2000). Diğer taraftan karasal ve daha soğuk iklim özelliklerine sahip olan Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki (Erzincan, Erzurum) buğday üretim alanlarında ise baskın olan yabancı otların karamuk (*Agrostemma githago* L.), kavkal (*Caucalis platycarpos* L.), gökbaş (*Centaurea depresso* Bieb.), kısır brom (*Bromus sterilis* L.), yabancı çavdar (*Secale cereale* L.), köygöçüren (*Cirsium arvense* L.) Scop., çoban değneği (*Polygonum aviculare* L.), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) olduğu bildirilmiştir (Kaya ve Zengin, 2000). Karadeniz Bölgesi'nde karamuk, kavkal, çoban değneği, kazayağı, tarla sarmaşığı, boynuzlu yoğurt otu (*Galium tricornotum* Dandy), yabancı yulaf (*Avena spp.*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.) olarak ifade edilmiştir (Önen ve ark., 2012). Orta Anadolu Bölgesi'nde (Ankara, Yozgat, Eskişehir, Konya) buğday ekim alanlarında baskın olan türlerin; boynuzlu yoğurt otu, yabancı hardal (Sırrı, 2019) olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bölgeler arasındaki tür çeşitliliği ve yoğunluğu bakımındaki farklılıkların iklim, topografya, ekim nöbeti, tarım sistemi, yabancı ot mücadele yöntemi, ekonomik gelir düzeyi ve tohum temin yöntemleri gibi faktörlerden kaynaklandığı

sonucuna varılmıştır (Özer ve Önen, 2001; Önen ve ark., 2018). Diğer taraftan iklim kuşağı olarak benzerlik gösteren ve Akdeniz havzasında yer alan İspanya koşullarında derin (dipkazan) ve azaltılmış-yüzeysel (çizel) toprak işleme ile direk ekimin uzun yıllar buğday-baklagillerle ekim nöbetinde yürütülen çalışması sonucunda yoğun olarak saptanmış pek çok yabancı ot türünün bulunduğu ve yoğun olanlar arasında bazılarının bizim çalışmamızda tespit edilenlerle aynı olduğu görülmüştür (Alarcón ve ark., 2018). Araştırmacılar en yoğun türlerin yabancı yulaf, tarla sarmaşığı, kazayağı, boynuzlu yoğurt, çobandeğneği, adi yavşan otu ve gelincik olduğunu bildirmişlerdir. Bunlara ek olarak ürün çeşidine bakılmaksızın çobançantasının (*Capsella bursa-pastoris* L.) birim metrekaresindeki sayısal yoğunluğu geleneksel, azaltılmış ve toprak işlemesiz uygulamalarında sırasıyla 0.04, 0.25 ve 0.23 bitki m⁻² olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 9. Buğday ekim işleminden sonra farklı gün ve tarihlerdeki yabancı ot yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 9. Number of weeds (weeds m⁻²) according to different days and dates after wheat planting

ESG(Tarih)	TİS	Yabancı hardal	Yabancı papatya	Adi yavşan otu	Adi fiğ
43(24.12.2020)	GTİ	6±3.21(50.76)	14±15.50(108.16)	4±2.00(50.00)	0
	ATİ-I	74±52.62(70.80)	174±19.89(11.39)	4±2.00(50.00)	7±3.00(42.86)
	ATİ-II	66±25.51(38.66)	475±134.53(28.34)	7±1.53(20.83)	3±0.58(17.32)
48(29.12.2020)	GTİ	8±2.89(37.65)	21±12.77 (60.80)	5±3.00(40.00)	0
	ATİ-I	90±68.54(76.44)	196±25.06(12.79)	4±2.00(50.00)	11±3.51(30.99)
	ATİ-II	71±26.10 (36.94)	492±124.60(25.34)	8±1.53(19.92)	3±0.58(17.32)
50(31.12.2020)	GTİ	12±3.00(25.00)	25±17.24(68.07)	5±3.00(40.00)	0
	ATİ-I	99±77.53(78.57)	216±33.71(15.63)	4±2.00(50.00)	16±5.51(33.72)
	ATİ-II	83±32.96(39.55)	521±113.51(21.77)	8±1.53(18.33)	4±1.00(25.00)
54(4.01.2020)	GTİ	20±5.57(27.84)	28±12.53(44.75)	6±1.53 (24.12)	0
	ATİ-I	101±69.92(69.46)	233±33.50(14.40)	4±2.00 (50.00)	24±9.00(37.50)
	ATİ-II	92±28.71(31.10)	540±111.02(20.57)	8±1.53 (18.33)	8±1.00(12.50)
58 (8.01.2020)	GTİ	21±6.03(29.17)	29±12.53(43.21)	6±1.53(24.12)	0
	ATİ-I	102±70.57(69.64)	239±32.62(13.67)	4±2.00(50.00)	27±23.12(86.68)
	ATİ-II	96±27.6 1(28.86)	563±131.47(25.06)	8±1.53(18.33)	8±1.00(12.50)
68(18.01.2020)	GTİ	21±6.56(31.23)	29±12.58(42.90)	6±1.73(28.87)	0
	ATİ-I	104±73.00(70.42)	240±32.08(13.37)	4±2.00(50.00)	29±27.30 (95.24)
	ATİ-II	96±24.88(25.92)	565±86.569(15.31)	8±1.53(18.33)	8±1.00 (12.50)
72(22.01.2020)	GTİ	21±6.51(30.50)	29±12.58(42.90)	6±1.53(24.12)	0
	ATİ-I	104±72.96(70.15)	241±32.93(13.68)	4±2.00(50.00)	30±27.22(90.74)
	ATİ-II	97±26.41(27.13)	520±129.87(24.96)	9±2.00(12.22)	8±1.00(12.50)
81(31.01.2020)	GTİ	21±6.51(30.50)	29±12.58(42.90)	6±1.53(24.12)	0
	ATİ-I	105±74.87(72.92)	243±32.62(13.44)	4±2.00(50.00)	31±27.15(86.66)
	ATİ-II	98±25.33(26.06)	520±127.45(24.52)	9±2.00(12.22)	08±1.00(12.50)
85(4.02.2020)	GTİ	22±6.51(30.50)	30±16.09(53.64)	6±1.53(24.12)	0
	ATİ-I	106±76.01(72.85)	248±34.36(13.87)	4±2.00(50.00)	32±28.29(89.34)
	ATİ-II	98±25.11(25.53)	519±127.33(24.53)	9±2.00(12.22)	8±1.00(12.50)
89(8.02.2020)	GTİ	20±4.51(22.93)	31±17.16(55.94)	6±1.53(24.12)	0
	ATİ-I	105±73.73(70.22)	240±32.14(13.39)	4±2.00(50.00)	33±28.29(89.34)
	ATİ-II	97±26.31(27.22)	520±128.90(24.77)	9±3.00(33.33)	8±1.00(12.50)
95(14.02.2020)	GTİ	20±4.51 (22.93)	28±12.50(45.19)	5±1.00(20.00)	0
	ATİ-I	98±69.95 (71.13)	233±33.50(14.40)	3±2.65(88.19)	33±28.10 (86.01)
	ATİ-II	83±32.96 (39.55)	517±129.79(25.12)	8±1.53(18.33)	8±1.00 (12.50)

ESG, Ekim işleminden sonraki gün; TİS, toprak işleme sistemi, ATİ, Azaltılmış toprak işleme sistemi-I; ATİ-II, Azaltılmış toprak işleme sistemi-II; GTİ, Geleneksel toprak işleme sistemi.

Çizelge 9. Buğday ekim işleminden sonra farklı gün ve tarihlerdeki yabancı ot yoğunluğu (bitki m⁻²) (devamı)
Table 9. Number of weeds (weeds m⁻²) according to different days and dates after wheat planting (continued)

ESG(Tarih)	TİS	Yabani hardal	Yabani papatya	Adi yavşan otu	Adi fiğ
109(1.03.2020)	GTİ	20±4.51 (22.93)	28±12.50(45.19)	5±8.00(40.00)	0
	ATİ-I	101±69.92(69.46)	234±31.94(13.63)	3±2.65(88.19)	34±28.83(90.08)
	ATİ-II	87±24.01(27.70)	519±127.33(24.53)	8±1.53(18.33)	8±1.00 (12.50)
116(8.03.2020)	GTİ	20±4.16(21.17)	28±12.50(45.19)	6±4.00(24.00)	0
	ATİ-I	101±70.57(69.64)	238±34.36(14.46)	4±2.00(50.00)	34±29.61(87.10)
	ATİ-II	92±28.71(31.10)	520±127.45(24.52)	8±1.53(18.33)	8±1.00(12.50)
123(15.03.2020)	GTİ	20±5.57(27.84)	239±32.62(13.67)	5±0.00(0.00)	0
	ATİ-I	20±4.51(22.93)	28±12.53(44.75)	6±1.00(50.00)	0
	ATİ-II	94±29.02(30.77)	520±128.90(24.77)	0	0
137(29.03.2020)	GTİ	20±5.57(27.84)	28±13.00(46.43)	0	0
	ATİ-I	103±72.02(69.92)	241±32.93(13.68)	8±1.00(12.50)	0
	ATİ-II	95±26.85 (28.26)	520±129.87 (24.96)	0	0
144(5.04.2020)	GTİ	20±4.58(22.91)	28±12.50(44.13)	0	0
	ATİ-I	104±73.00(70.42)	240±32.08(13.37)	9±2.52(26.96)	0
	ATİ-II	96±27.61(28.86)	521±113.51(21.77)	0	0
158(19.04.2020)	GTİ	0	0	0	0
	ATİ-I	104±76.01(72.85)	240±32.14(13.39)	0	0
	ATİ-II	96±24.88(25.92)	525±131.47(25.06)	0	0
172(3.05.2020)	GTİ	0	0	0	0
	ATİ-I	105±73.73(70.22)	243±32.62(13.44)	0	0
	ATİ-II	96±26.76(27.78)	0	0	0

Çizelge 9. Buğday ekim işleminden sonra farklı gün ve tarihlerdeki yabancı ot yoğunluğu (bitki m⁻²) (devamı)
Table 9. Number of weeds (weeds m⁻²) according to different days and dates after wheat planting (continued)

ESG (Tarih)	TİS	Yabani hardal	Yabani papatya	Adi yavşan otu	Adi fiğ	Yabani marul	Kazgagası	Çoban çantası	Dilkanatan
	GTİ	20±4.58 (22.91)	28±12.50 (44.13)	0	0	0	1±0.00 (0.00)	0	0
	ATİ-I	104±73.00 (70.42)	240±32.08 (13.37)	9±2.52 (26.96)	0	4±2.08 (56.77)	1±0.58 (173.21)	0	0
144 (5.04.2020)	ATİ-II	96±27.61 (28.86)	521±113.51 (21.77)	0	0	4±1.53 (41.66)	1±0.58 (173.21)	0	0
	GTİ	0	0	0	0	0.00	4±1.73 (43.30)	0	0
	ATİ-I	104±76.01 (72.85)	240±32.14 (13.39)	0	0	9±2.89 (33.31)	3±1.73(57.74)	4±1.00 (25.00)	3±1.73 (173.21)
158 (19.04.2020)	ATİ-II	96±24.88 (25.92)	525±131.47 (25.06)	0	0	13±5.51 (43.48)	1±2.31 (173.21)	10±5.77 (173.21)	3±1.73 (173.21)
	GTİ	0	0	0	0	0	4±2.08 (48.04)	0	0
	ATİ-I	105±73.73 (70.22)	243±32.62 (13.44)	0	0	12±3.00 (25.00)	3±2.31 (69.28)	11±1.00 (9.09)	7±4.04 (173.21)
172 (3.05.2020)	ATİ-II	96±26.76 (27.78)	0	0	0	16±5.51 (35.15)	3±0.50 (173.21)	3.67±6.35 (173.21)	5±2.89 (173.21)

Bizim çalışmamızda ise ekim işleminden 158 gün sonra (Çizelge 9) görülmeye başlanan bu türün Nisan-Mayıs aylarında tespit edilmiştir. Ancak, birim alandaki yoğunluğunun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kulaklı pulluk parsellinde rastlanılmayan bu türün rototiller parseline ekim işleminden 172 gün sonra (Çizelge 9) birim alandaki yoğunluğun 11 bitki m⁻² ve çizelde ise daha düşük olup, 3.67 bitki m⁻² olduğu tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere yüzeysel toprak işlemenin birim alandaki ot varlığını artırdığı ve buna karşın tohumları daha çok toprak yüzeyinde bırakan çizelin ise azalttığı belirlenmiştir. Buna karşın toprağı devirme özelliğine sahip olan kulaklı pulluğun ise bu türün mücadelesinde daha etkin bir rol oynadığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 9).

Buğday üretim alanlarında sorun olan yabancı otlardan biri yabani hardal olup, rekabet gücünün yüksek olması nedeniyle mutlaka mücadelesinin yapılması gerekiyor (Avcı ve Özpinar, 2021). Tek yıllık bir tür olan bu bitki tüylü, dikenli yapıda olup, dik bir şekilde uzayan gövdesi ile 30-80 cm kadar boyanabilmektedir. Tohumlarının toprakta uzun süre canlı kalma yeteneğinin kuvvetli olması ile

yaklaşık on üç yıl kadar canlı olarak toprakta kalabilmektedir (Özer ve ark., 1997; Avcı ve Özpınar, 2021). Tohumlarının uzun süre toprakta canlı kalması, tohum ile çoğalması ve çok sayıda tohum vermesi ile uygun koşullar oluştuğunda hızlı bir şekilde yayılma özelliği sağlamaktadır. Deneme parsellerinde çıkıştan sonra birim alandaki varlığı artış gösterene kadar periyodik olarak yapılan sayımlar Çizelge 10'da verilmiştir. Ancak Çizelge 10'da yer alan sayımların devamında birim alandaki varlığının belirlenmesine devam edilmiştir. Ancak buğday ekim işleminden 95 gün sonraki tarihlerde çıkışlar son bulmuş ve çıkan bazı bitkilerde kurumalar olduğu için Çizelge 9'da yer verilmesine rağmen Çizelge 10'da bu tarihten sonraki sayım sonuçlarına yer verilmemiştir. Çizelge 10'de kulaklı pullukla işlenmiş parselde tohumların toprak işleme ile derine gömülmesi ve çıkışlarının engellenmesiyle birim alandaki yoğunluğu düşürmüştür. Dolayısıyla toprağı devirerek işleyen geleneksel toprak işleme sistemine göre toprağı yüzeysel olarak işleyen ATİ-I ile ATİ-II'inde daha yoğun bir şekilde bu türün görülmesi toprak işlemenin etkisini daha iyi açıklayabilmektedir. Diğer taraftan toprak işlemenin azaltıldığı veya hiç yapılmadığı durumlarda ise bu türün birim alandaki yoğunluğunu artırdığı belirtilmiştir (Avcı ve Özpınar, 2021). Ayrıca araştırmalar bu türün erken ilkbaharda çiçek açması ve bu çiçekler üzerinde beslenmesini sağlayan zararlı böceklerin çoğalmasına katkı verdiğini de ifade etmişlerdir. Ayrıca erken ilkbaharda meyvelere zarar veren zararlı böceklerin beslenmesi için gerekli besini sağlayan yabancı hardal çiçekleri kültür bitkileri üzerindeki zararlı etmenlerin artışına katkı verdiğini detaylıca açıklamışlardır.

Çizelge 10. Toprak işleme sistemlerine göre yabancı hardalın (*Sinapis arvensis* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 10. According to tillage systems density of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
24.12.2020	43	6±3.21(50.76)	74±52.62(70.80)	66±25.51(38.66)
29.12.2020	48	8±2.89(37.65)	90±68.54(76.44)	71±26.10(36.94)
31.12.2020	50	12±3.00(25.00)	99±77.53(78.57)	83±32.96(39.55)
4.01.2020	54	20±5.57(27.84)	101±69.92(69.46)	92±28.71(31.10)
8.01.2020	58	21±6.03(29.17)	102±70.57(69.64)	96±27.61(28.86)
18.01.2020	68	21±6.56(31.23)	104±73.00(70.42)	97±26.51(27.33)
22.01.2020	72	21±6.51(30.50)	104±72.96(70.15)	97±26.41(27.13)
31.01.2020	81	21±6.51(30.50)	105±74.87(72.92)	98±25.33(26.06)
4.02.2020	85	22±6.51(30.50)	106±76.01(72.85)	98±25.11(25.53)
8.02.2020	89	22±6.51(29.13)	105±73.73(70.22)	99±24.68(25.02)

Buğday üretim alanlarında yaygın olarak bulunan bir diğer yabancı ot türü yabancı papatya olup, çok geniş bir yaşam alanına sahiptir. Boyu 60 cm'ye kadar varması ve çiçeklerinin belirgin ve bilinirliğinden dolayı çok kolaylıkla tanınabilmektedir. Fazla tohum bulundurması, toprak seçiciliğinin az ve toleransının fazla olması ile Çizelge 11'de görülen birim alandaki bitki yoğunluğunu artırmıştır. Ayrıca tohumunun küçük oluşu ve toprağı yüzeysel işleyen uygulamalar çıkış oranını desteklemektedir. Buna karşın toprağın derin işlendiği ve tohumların derine gömüldüğü geleneksel toprak işleme sisteminde tohumlarının derinde kaldığı ve çimlenme oranını düşürmüş ve birim alandaki varlığını azaltmıştır (Çizelge 11). Ancak yabancı papatyanın yavaş gençlik dönemi gelişimi özelliği nedeniyle rekabette geri kaldığı ve ilerleyen zamanlarda deneme alanındaki baskınlığı büyük oranda kaybettiği gözlenmiştir. Dolayısıyla buğday ekiminden sonra 89 gün sonra her üç toprak işleme sisteminde düştüğü saptanmıştır (Çizelge 11).

Çizelge 11. Toprak işleme sistemlerine göre yabani papatyanın (*Matricaria camomilla* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 11. According to tillage systems density of petalless daisy (*Matricaria camomilla* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
24.12.2020	43	14±15.50(108.16)	174±19.89(11.39)	475±134.53(28.34)
29.12.2020	48	21±12.77(60.80)	196±25.06(12.79)	492±124.60(25.34)
31.12.2020	50	25±17.24(68.07)	216±33.71(15.63)	521±113.51(21.77)
4.01.2020	54	28±12.53(44.75)	233±33.50(14.40)	540±111.02(20.57)
8.01.2020	58	29±12.53(43.21)	239±32.62(13.67)	563±131.47(25.06)
18.01.2020	68	29±12.58(42.90)	240±32.08(13.37)	565±86.569(15.31)
22.01.2020	72	29±12.58(42.90)	241±32.93(13.68)	520±129.87(24.96)
31.01.2020	81	29±12.58(42.90)	243±32.62(13.44)	520±127.45(24.52)
4.02.2020	85	30±16.09(53.64)	248±34.36(13.87)	519±127.33(24.53)
8.02.2020	89	31±17.16(55.94)	249±34.96(13.87)	520±128.90(24.77)

Tüylü ve sürünücü gövdeye sahip adi yavşan otu 60 cm kadar uzayabilen ve mavi renkli çiçekleri ile tanımlanmaktadır. Toprak işlemenin ve ekimin geç yapılmasının bu türün baskınlığını azalttığı düşünülmüştür (Çizelge 12). Tohumlarının sonbahar sonundaki soğuklarla çimlenmesi bu düşüncüyü desteklemektedir (Özer ve ark., 1997).

Çizelge 12. Toprak işleme sistemlerine göre adi yavşanın (*Veronica hederifolia* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 12. According to tillage systems density of Ivy-leaved speedwell (*Veronica hederifolia* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
24.12.2020	43	4±2.00(50.00)	4±2.00(50.00)	7±1.53(20.83)
29.12.2020	48	5±2.00(40.00)	4±2.00(50.00)	8±1.53(19.92)
31.12.2020	50	5±3.00(40.00)	4±2.00(50.00)	8±1.53(18.33)
4.01.2020	54	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	8±1.53(18.33)
8.01.2020	58	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	8±1.53(18.33)
18.01.2020	68	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	8±1.53(18.33)
22.01.2020	72	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	9±2.00(12.22)
31.01.2020	81	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	9±2.00(12.22)
4.02.2020	85	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	9±2.00(12.22)
8.02.2020	89	6±1.53(24.12)	4±2.00(50.00)	9±3.00(33.33)

Çobançantası yabancı ot bitkisi tek yıllık ve geniş yapraklı otsu görünümlü olup, boyu 50-60 cm kadar uzayan kuraklık ve soğuğa dayanıklı bir türdür (Şen ve Özpınar, 2019). Çalışma parsellerinde Nisan ayında rastlanılan bu tür sadece rototiller ve çizel uygulamalarında saptanmış ve kulaklı pulluk ile toprak işlemenin yapıldığı geleneksel sistemde rastlanılmamıştır (Çizelge 13). İlk olarak ekimden sonra 158. günde rastlanan bu türün ekimden sonra 172. günden sonra yapılan son sayımda birim alanda 11 bitki m⁻² ile rototiller parselinde ve çizel parselinde ise yoğunluğu daha düşük olup 3.67 bitki m⁻² olarak belirlenmiştir (Çizelge 13). Tarım alanlarında önemli bir popülasyon yoğunluğuna sahip olan çobançantasının özellikle çok yıllık bitkilerde önemli yoğunlukta rastlanılmaktadır (Şen ve Özpınar, 2019). Araştırmacıların bildirildiğine göre Çanakkale ili Bayramiç ilçesinde elma bahçelerinde tespit edilen 17 farklı yabancı ot türü içinde çobançantasının oldukça yüksek yoğunlukta olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 13. Toprak işleme sistemlerine göre çobançantasının (*Capsella bursa-pastoris* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 13. According to tillage systems density of shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
19.04.2020	158	0	4±1.00(25.00)	10±5.77(173.21)
3.05.2020	172	0	11±1.00(9.09)	3.67±6.35(173.21)

Akdeniz havzasında yer alan ve benzer iklim koşullarına sahip bir başka bölgede ise buğday-yem bezelyesi ekim nöbetinde ele alınan çizel ile toprak işlemede ise birim alandaki varlığı 0.25 bitki m⁻² olarak saptandığı bildirilmiştir (Alarcón ve ark., 2018). Araştırmacılar en düşük çobançantası yoğunluğunun 0.04 bitki m⁻² ile geleneksel toprak işlemede elde edildiği ve toprak işlemez sistemde ise 0.23 bitki m⁻² olduğu belirtilmiştir. Araştırmacıların bildirdiğine göre yabancı ot yoğunluğu üzerine iklim faktörlerinin, toprak işleme ve benzeri diğer kültürel uygulamalarına göre daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Buna karşın, Gandía ve ark. (2021) ise yıllık yağış ve özellikle bitki çıkışı döneminde düşük yağışın olduğu üretim döneminde toprak işleme uygulamalarına bakılmaksızın birim alandaki çobançantası yoğunluğunun yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmacılar bu türün yoğunluğu üzerine toprak işlemenin etkili olduğu ve toprak işlemez sistemin bu türün yoğunluğunu 1.54 bitki m⁻² ile artırdığını ve ancak bu bizim çalışmamızda elde edilen değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Araştırmacılar kulaklı pulluk ile 30 cm iş derinliğinde toprak işlemenin yapıldığı geleneksel ve çizel ile 15 cm iş derinliğinde toprak işlemenin yapıldığı azaltılmış toprak işleme sistemlerinde çobançantasının daha düşük ve sırasıyla 0.54 ve 0.21 bitki m⁻² olduğu ifade etmişlerdir. Çoban çantası ve yabancı marulun küçük ve orta büyüklükte tohumlarının olması toprak yüzeyine yakın yer alması durumunda çıkışlarının teşvik edildiği ve toprağı devirmeden yüzeysel olarak işleyen uygulamalarda bu türlerin daha yüksek yoğunlukta olmasına katkı sağladıkları ifade edilmiştir (Gandía ve ark., 2021).

Yabancı marul için yapılan sayımlarda rototiller ve çizel uygulamaları arasında sayısal olarak önemli bir fark olmadığı saptanmış olup, rototiller parselinde 12 bitki m⁻² iken, çizelde 16 bitki m⁻² olarak belirlenmiştir (Çizelge 14). Buna karşın Alarcón ve ark. (2018) ortalama yıllık yağışın 420 mm civarında olduğu Akdeniz havzasında adi fiğ/yem bezelyesi-buğday ekim nöbetinde, buğday parsellerinde yabancı marul yoğunluğunun geleneksel üretim sisteminde daha yüksek olduğunu, 0.24 bitki m⁻² olarak saptadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bunu sırasıyla çizel ile toprak işleme (0.04 bitki m⁻²) ile toprak işlemsiz (0.02 bitki m⁻²) sistemlerinin izlediğini belirtmişlerdir.

Çizelge 14. Toprak işleme sistemlerine göre yabancı marulun (*Lactuca Serriola* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 14. According to tillage systems density of wilde lettuce (*Lactuca Serriola* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
5.04.2020	144	0	4±2.08(56.77)	4±1.53(41.66)
19.04.2020	158	0	9±2.89(33.31)	13±5.51(43.48)
3.05.2020	172	0	12±3.00(25.00)	16±5.51(35.15)

Çok sayıda türü olan *Galium* cinsinin tarımsal üretim alanında en çok bulunan türleri dilkanatan (*Galium aparine* L.), yoğurtotu (*Galium spurium* L.) ve boynuzlu yoğurtotu (*Galium tricornutum* L.) olduğu ve birçok ülkede kültür bitkisinde en çok rastlanılan türün dilkanatan olduğu belirtilmiştir (Deroo ve ark., 2018). Son yirmi yılda dünyada ve ülkemizde herbisitlere dayanıklılık kazanmasıyla rekabetçi dilkanatan türü tarımsal üretim alanlarında daha fazla üzerinde durulması gerektiği ve herbisit kullanarak kontrol etmede yetersiz kaldığı ifade edilmiştir (Deroo ve ark., 2018). Diğer taraftan ülkemizde tahıl alanlarında diğer yabancı ot türleri kontrollünde kullanılan 2.4-D herbisitinin dilkanatanı baskın tür durumuna getirdiği bildirilmiştir (Mennan, 1998). Bu nedenle dilkanatanın çimlenme biyolojisini ve herbisitlere olan tepkisinin önemli olduğu ifade edilmiştir (Büyükkurt ve Uludağ, 2019). Araştırmacılar ayrıca yüksek sıcaklıklarda (20 °C) çimlenmediğini buna karşın daha düşük sıcaklıklarda (10 °C) tamamen çıkış (%93.5) sağladığı belirtmişlerdir. Diğer taraftan dilkanatanın

tarımsal üretim alanlarında en iyi çıkış oranının kış döneminde gerçekleştiği, ilkbahar döneminde ise çıkışın yağışın varlığına bağlı olduğu ve yağışsız geçen dönemde çimlenmediği ifade edilmiştir (Royo-Esnaı ve ark., 2010). Ülkemizde *Galium* türlerinden olan dilkanatan (*Galium aparine* L.), boynuzlu yoğurtotunun (*Galium tricornutum* L.) ve yoğurtotunun (*Galium spurium* L.) bütün coğrafi bölgelerde ve birçok kültür bitkisinde hem tarlada hem hasat edilmiş üründe bulunduğu tespit edilmiştir (Arslan, 2018). Buğday üretim alanında birim alanda 0.3-5.0 bitki m⁻² olması önemli miktarda verim kaybı (van der Weide, 1993) oluşturturken, 0.4-2.1 bitki m⁻² olması durumunda ise buğdayın 1000-dane ağırlığını ve kalitesini etkilediği bildirilmiştir (Mennan, 1998). Ülkemizde buğdayda dilkanatan yoğunluğuna göre (18-72 bitki m⁻²) verim kaybı %4-32 arasında iken (Aziz ve ark., 2009), daha düşük yoğunluklarda (1-9 bitki m⁻²) önemli kayıplar olduğu (%3.17-14.60) (Mennan, 1998) bildirilmiştir. Bu çalışmada ise erken ilkbaharda görülen yağışların (Çizelge 1, Ocak-Şubat-Mart periyodu) bu türün çıkışına etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 15). Çizelge 9'da görüldüğü üzere bu türün çıkışlarının ilkbaharda olduğu ve kulaklı pullukta rastlanılmayan bu türün toprağı yüzeysel işleyen rototiller ve çizel toprak işleme sistemlerinde görüldüğü saptanmıştır. Benzer iklim özelliklerine sahip buğday üretiminde bu türün kulaklı pulluk ve çizel ile toprak işleme yapılmış parsellerde rastlanmazken, buna karşın toprak işlenmesiz sistemde 2.75 bitki m⁻² yoğunlukta saptandığı ifade edilmiştir (Gandía ve ark., 2021). Araştırmacılar farklı üretim yıllarındaki yağışın ve yıl içindeki dağılımının da bu tür üzerinde etkisinin önemsiz olduğu bildirmişlerdir. Ayrıca monokültür buğdayın ve farklı ürünlerle ekim nöbetine alınmasının bu tür üzerinde etkisinin önemli olmadığı belirtilmiştir. Alarcón ark. (2018) boynuzlu yoğurtotunun (*Galium tricornutum* L.) en yüksek yoğunluğu 4.61 bitki m⁻² ile toprak işlenmesiz sisteminde saptandığını, bunu 0.85 bitki m⁻² ile geleneksel toprak işleme (dipkazan ile 30 cm toprağı devirmeden işleme + tarla kültivatörü) ve 0.13 bitki m⁻² azaltılmış toprak işleme (çizel ile 15 cm toprak işleme + tarla kültivatörü) sistemlerinin izlediği ifade edilmiştir.

Çizelge 15. Toprak işleme sistemlerine göre dil kanatanın (*Galium aparine* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 15. According to tillage systems density of sticky willy (*Galium aparine* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
19.04.2020	158	0	3±1.73(173.21)	3±1.73(173.21)
03.05.2020	172	0	7±4.04(173.21)	5±2.89(173.21)

Ülkemizde ve dünyada yem bitkisi olarak yetiştirilen fiğ bitkisi, aynı zamanda yabancı otla mücadele canlı malç olarak kullanılmaktadır (Çizelge 16). Hızlı gelişmesi toprak yüzeyini tamamen kapatması yabancı ot mücadelesinde oldukça avantaj sağlamaktadır (Kitiş ve ark., 2016). Deneme parsellerinde daha önceki üretim dönemlerinde fiğ yetiştirilmiş olması (Ozpinar, 2016) toprakta tohumların canlı olması durumundaki tohumlarının çimlenmesi ile toprağı devirmeden yüzeysel toprak işleme yapılan azaltılmış toprak işleme sistemlerinde görülmesinin nedeni olarak düşünülmektedir (Çizelge 16).

Çizelge 16. Toprak işleme sistemlerine göre yabani fiğın (*Vicia sativa* L.) birim alandaki yoğunluğu (bitki m⁻²)

Table 16. According to tillage systems density of vetch (*Vicia sativa* L.) per unit area (weeds m⁻²)

Tarih	ESG	GTİ	ATİ-I	ATİ-II
24.12.2020	43	0	7±3.00(42.86)	3±0.58(17.32)
29.12.2020	48	0	11±3.51(30.99)	3±0.58(17.32)
31.12.2020	50	0	16±5.51(33.72)	4±1.00(25.00)
4.01.2020	54	0	24±9.00(37.50)	8±1.00(12.50)
8.01.2020	58	0	27±23.12(86.68)	8±1.00(12.50)
18.01.2020	68	0	29±27.30(95.24)	8±1.00(12.50)
22.01.2020	72	0	30±27.22(90.74)	8±1.00(12.50)
31.01.2020	81	0	31±27.15(86.66)	8±1.00(12.50)
4.02.2020	85	0	32±28.29(89.34)	8±1.00(12.50)
8.02.2020	89	0	33±28.10(86.01)	8±1.00(12.50)
14.02.2020	95	0	33±28.83(90.08)	8±1.00(12.50)
1.03.2020	109	0	34±29.61(87.10)	8±1.00(12.50)

Buğday Dane ve Sap Verimi

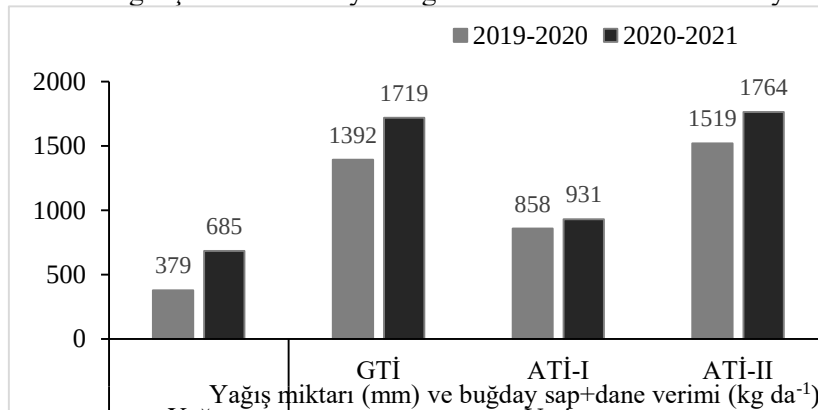
Ele alınmış toprak sistemlerinin buğday verimi üzerine olan etkileri Çizelge 17’de verilmiştir. Çizelge 17 incelendiğinde, toprak işleme sistemlerinin buğday sap ve dane verimi bakımından farklı oldukları görülmektedir. Çalışmanın her iki yılında da en düşük sap verimi rototiller ve en yüksek ise çizel uygulamasında elde edilmiştir. Her iki yılın dane verimi incelendiğinde, ilk yıl en düşük değer kulaklı pullukta saptanmış, bunu çizel izlemiştir. Ancak çizel ikinci sırada dane verimi bakımında yer alırken, rototillere yakın bir değerde olduğu belirlenmiştir. İkinci yılın dane verimleri incelendiğinde ise her ne kadar çizel en yüksek değere sahip olsa da aralarında istatistikî fark çıkmamıştır.

Çizelge 2. Toprak işleme sistemlerinin buğdayın her iki üretim döneminde sap ve dane verimine etkisi
Table 17. Effect of soil tillage systems on straw and grain yield in both production periods of wheat

Yıl	TİS	Sap (kg da ⁻¹)	Dane (kg da ⁻¹)	Sap+Dane (kg da ⁻¹)	Hasat indeksi (%)
2019-2020					
	GTİ	1281±366.35(28.59) ^{abA*}	111±7.90(7.15) ^{bA}	1392±360.37(25.89) ^{abA}	8.40±2.72(32.38) ^{bA}
	ATİ-I	726±66.82(9.20) ^{bA}	132±6.33(4.80) ^{aA}	858±68.95(8.04) ^{bA}	15.42±1.14(7.40) ^{aA}
	ATİ-II	1389±112.14(8.07) ^{aA}	131±4.16(3.19) ^{aA}	1519±112.22(7.39) ^{aA}	8.63±0.68(7.90) ^{bB}
2020-2021					
	GTİ	1591±454.19(28.54) ^{aA}	128±11.60(9.08) ^{aA}	1719±442.88(25.76) ^{aA}	7.89±2.67(33.86) ^{bA}
	ATİ-I	795±64.34(8.09) ^{bA}	135±8.25(6.09) ^{aA}	931±56.24(6.04) ^{bA}	14.61±1.70(11.64) ^{aA}
	ATİ-II	1622±136.24(8.40) ^{aA}	142±7.32(5.16) ^{aA}	1764±140.73(7.98) ^{aA}	8.06±0.52(6.50) ^{bA}

*, Küçük karakterler aynı yıl içindeki toprak işleme sistemleri arasındaki farkı ifade eder. Büyük karakterler ise aynı toprak işleme sisteminin farklı yıllar arasındaki farkı ifade eder.

Rototiller uygulanmasında özellikle düşük sap verimi ve kısmen düşük dane veriminin yabancı ot yoğunluğundan ileri geldiği söylenebilir (Çizelge 9). Rototillerin toprağı daha yüzeysel işlemesi ve toprak yüzeyinde kalan yabancı ot tohumlarını çimlenecek toprak derinliğine gömmesi nedeniyle ekimden sonra buğday ile birlikte daha fazla yabancı otun çimlenmesini teşvik etmiştir. Bölgede buğday üretim alanlarında rekabet gücü yüksek olan yabancı hardal ve yabancı papatyanın gibi yabancı otların rototiller uygulamasında birim alandaki yoğunluklarının fazla olması bunu kanıtlar durumdadır (Ozpinar, 2006). Ayrıca ekim işleminden 174 gün sonra ve tam buğday başak dolum evresinde toprak işleme parsellerindeki gözlemler, yabancı varlığının rototiller parselinde daha yüksek olduğu ve bu durumu destekler şeklinde açıklanabilir. Diğer yandan toprak işleme sistemleri arasındaki gerek sap ve gerekse dane verim farkının buğday bitkisinin boy gibi bitkisel özelliklerinden kaynaklanmadığını ve tamamen 1000-dane ağırlığı ile ilişkili olduğu şeklinde açıklanabilir (yayımlanmamış veri). Dolayısıyla rototiller parsellerinde 1000-dane ağırlığının düşüklüğü birim alandaki dane verimini düşürmüştür. Ayrıca ele alınmış olan üç toprak işleme sisteminde çalışmanın aralarında istatistikî fark olmamasına rağmen ilk yılındaki dane ve sap verimleri ikinci yıla göre daha düşük çıkmıştır (Çizelge 17). Bu farkın ilk yılın daha kurak geçmesi ve özellikle buğday üretim döneminde daha da düşük olan yağıştan (379 mm) ileri geldiği söylenebilir (Çizelge 1, 2). İkinci yılda buğday üretim döneminde 685 mm olan yağışın bitkinin gelişiminin ilk yıla göre daha olumlu etki yaratmıştır (Çizelge 2, Şekil 2)



Şekil 2. Buğday sap+dane verim ile üretim dönemi yağış miktarı ilişkisi

Figure 2. Relationship between wheat straw+ grain yield and total rainfall during production period

Ancak, bazı araştırmacılar azaltılmış veya toprak işlemenin yapılmadığı sistemlerde yüksek yabancı ot varlığına rağmen, buğday verimi bakımından geleneksel toprak işlemeye göre fark yaratmadığı belirtilmiştir (Gandía ve ark., 2021). Araştırmacılar özellikle ürün verimi üzerine toprak işlemenin etkisinin önemli olmadığı buna karşın yıllık yağışın ve özellikle ekimden sonraki ilk çeyrek dilim içindeki yağış miktarının daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Buna ilaveten aynı araştırmacılar benzer iklim koşullarında yürütmüş oldukları çalışmalarında elde edilen buğday dane ve sap verimlerinin bizim çalışmamızda elde edilene göre daha düşük olduğu, geleneksel, azaltılmış, toprak işlemesiz sistemlerde sırasıyla 67.4, 69.6, 67.9 ve 173, 139, 154 kg da⁻¹ olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar Akdeniz havzası bölgesinde yer alan bu çalışmada toprak işleme sistemlerine bakılmaksızın elde ettikleri buğday veriminin genel olarak bölge için üst sınır olarak kabul edilen 200 kg da⁻¹ altında kaldığı açıklanmıştır. Birim alanda elde edilen dane ağırlığının toplam ağırlığa oranlanarak bulunan hasat indeksi bakımından incelendiğinde, birim alandaki sap verimi düşük olan rototiller toprak işleme sistemi birinci ve ikinci yılda sırasıyla %15.42 ve %14.61 ile en yüksek değeri sağlamıştır. Bunu ilk yıl %8.63 ve ikinci yıl %8.06 ile çizel uygulaması izlemiştir. Her iki yılda da en düşük hasat indeksi geleneksel toprak işleme sisteminde saptanmıştır. Gandía ve ark., (2021) benzer iklim koşullarına sahip olan bir alanda geleneksel, azaltılmış ve toprak işlemesiz sistemlerin buğday üretiminde hasat indeksini bu çalışmada elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğunu ve sırasıyla %28.00, %33.00 ve %33.00 olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda hasat indeks değerlerinin düşük olmasının nedenlerinden bir diğeri ise ilkbaharda dane dolumu sırasında düşük olan yağışın (Çizelge 1, 2) ve yüksek olan hava sıcaklığının (Çizelge 4) dane ağırlığının veya diğer bir deyişle 1000-dane ağırlığının (yayımlanmamış veri) düşürmesinin bir sonucu olduğu söylenebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Aktar, M., 2011. Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenerek Çanakkale Yöresine Uygun Olanların Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. ss.78.
- Alarcón, R., Hernández-Plaza, E., Navarrete, L., Sánchez, M.J., Escudero, A., Hernanz, J.L., Sánchez-Giron, V., Sánchez, A.M., 2018. Effects of no-tillage and non-inversion tillage on weed community diversity and crop yield over nine years in a Mediterranean cereal-legume cropland. *Soil and Tillage Res.* 179:54-62.
- Arslan, Z.F., 2018. Decrease in biodiversity in wheat fields due to changing agricultural practices in five decades. *Biodiversity and Conservation.* 27(12):3267-3286.
- Ashrafi, S.J., Rastegar, M. F., Saremi, H., 2010. Rosemary wilting disease and its management by soil solarization technique in Iran. *African J of Biotechnology.* 9(42):7048-7050.
- Avcı, H.İ., Özpınar, A., 2021. Çanakkale ilinde farklı konukçularda *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae)'nın mevsimsel uçuşu ve ergin popülasyon gelişmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.* 9(2):237-246.
- Aziz, A., Tanveer, A., Ali, A., Yaseen, M., 2009. Density dependent interactions between cleavers (*Galium aparine*) and wheat (*Triticum aestivum*) planted at different times. *Pak. J of Agric. Sci.* 46(4):258-265.
- Blackshaw, R.E., Larney, F.J., Lindwall, C.W., Watson, P.R., Derksen, D.A., 2001. Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian J of Plant Sci.* 81(4):805-813.
- Boz, Ö., 2000. Aydın ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı otlar ile rastlama sıklıkları ve yoğunluklarının saptanması. *Türkiye Herboloji Dergisi.* 3(2):1-11.
- Büyükkurt, N., Uludağ, A., 2019. Dikanatanın (*Galium aparine* L.) çimlenme biyolojisi ve bazı herbisitlere tepkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi.* 6(3):477-488.
- Campiglia, E., Radicetti, E., Mancinelli, R., 2015. Cover crops and mulches influence weed management and weed flora composition in strip-tilled tomato (*Solanum lycopersicum*). *Weed Research.* 55(4):416-425.
- Cantero-Martínez, C., Angás, P., ve Lampurlanés, J., 2007. Long-term yield and water use efficiency under various tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Annals of Applied Biology.* 150(3):293-305.
- Chaghazardi, H.R., Jahansou, M.R., Ahmadi, A., Gorji, M., 2016. Effects of tillage management on productivity of wheat and chickpea under cold, rainfed conditions in western Iran. *Soil and Tillage Res.* 162:26-33.

- Chaudhuary, P., Chudhury, S.R., Das, A., Mandal, J., Ghosh, M., Acharya, S., Homa, F., 2020. Productivity, profitability and greenhouse gas emission from rice-wheat cropping system under different tillage and nitrogen management practices. *Indian J of Agricultural Research*. 54(3):285-292.
- Derksen, D.A., Lafond, G.P., Thomas, A.G., Loeppky, H.A., Swanton, C., 2017. Impact of agronomic practices on weed communities: Tillage systems. *Weed Science*. 41(3):409-417.
- Deroo, H., Akter, M., Bodé, S., Boeckx, P., Li, H., Mendoza Aguirre, O. M., Sleutel, S., 2018. Effect of water-saving irrigation management on soil organic matter decomposition in paddy soil. *Biogeochemical Cycles and their role in the earth system, Thematic Day, Abstracts. Thematic day on Biogeochemical cycles and their role in the Earth system*.
- Gandía, M.L., Del Monte, J.P., Tenorio, J.L., Santín-Montanyá, M.I., 2021. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Scientific Reports*. 11(1):22138.
- Hernanz, J.L., Sánchez-Girón, V., Navarrete, L., Sánchez, M.J., 2014. Long-term (1983-2012) assessment of three tillage systems on the energy use efficiency, crop production and seeding emergence in a rain fed cereal monoculture in semiarid conditions in central Spain. *Field Crops Research*. 166:26-37.
- Kaya, Y., Zengin, H., 2000. Determination of weeds and their life forms and phytogeographic regions in wheat fields of Pasinler Plain. *Türkiye Herboloji Dergisi*. 3(1):17-26.
- Kitiş, Y.E., Kolören, O., Uygur, F.N., 2016. Adi fiğın (*Vicia sativa* L.) bazı yabancı ot tohumlarının çimlenmesi ve gelişmesi üzerine allelopatik etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 25(1):100-106.
- Mennan, H., 1998. Samsun ili buğday ekim alanlarında önemli zararlara neden olan kokarot (*Bifora radians* bieb.) ve yapışkanotu (*Galium aparine* L.)nun ekonomik zarar eşiklerinin ve bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması. ss.150.
- Navarra, A., Tubiana, L. (Ed.). 2013. Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean: Volume 3: Case Studies (C. 52). Springer Netherlands.
- Ozpinar, S., 2006. Effects of tillage systems on weed population and economics for winter wheat production under the Mediterranean dryland conditions. *Soil and Tillage Res*. 87(1):1-8.
- Ozpinar, S., 2016. Nutrient concentration and yield of maize (*Zea mays* L.) after vetch (*Vicia sativa* L.) in conventional and reduced tillage systems. *J of Plant Nutrition*. 39:1697-1712.
- Ozpinar, S., Cay, A., 2005. Effect of minimum and conventional tillage systems on soil properties and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in clay-loam in the Canakkale region. *Turkish J of Agric. and Forestry*. 29(1):9-18.
- Ozpinar, S., Ozpinar, A., 2011. Influence of tillage and crop rotation systems on economy and weed density in a semi-arid region. *J of Agricultural Science and Technology*. 13(5):769-784.
- Ozpinar, S., Ozpinar, A., 2015. Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 61:1029-1040.
- Önen, H., Akdeniz, M., Farooq, S., 2018. Weed flora of citrus orchards and factors affecting its distribution in western Mediterranean region of Turkey. *Planta daninha*. 36.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H., Tursun, N., 1997. Herboloji = Yabancı Ot Bilimi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. 175.
- Özer, Z., Önen, H., 2001. Tarla içerisinde yabancı otların dağılımları arasındaki farklılıkların haritalanarak belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Derg*. 4(2):74-83.
- Petroselli, V., Radicetti, E., Langeroodi, A. S., Allam, M., Mancinelli, R., 2021. Weed spectrum in durum wheat under different soil tillage and fertilizer application in Mediterranean environment. *Sustainability*. 13(13):Article 13.
- Pilipavičius, V., Aliukonienė, I., Romaneckas, K., 2010. Chemical weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) crop of early stages of development: I. Crop weediness. *J of Food, Agriculture and Environment*. 8(1):206-209.
- Royo-Esnal, A., Torra, J., Conesa, J. A., Forcella, F., Recasens, J., 2010. Modeling the emergence of three arable bedstraw (*Galium*) species. *Weed Sci*. 58(1):10-15.
- Seneviratne, S., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C., Kanae, S., Kossin, J., Luo, Y., Marengo, J., McInnes, K., Rahimi, M., Reichstein, M., Sorteberg, A., Vera, C., Zhang, X., Alexander, L.V., Allen, S., Benito, G., Cavazos, T., Clague, J., Zwiers, F.W., 2012. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. *Cambridge University Press*. 109-230.
- Sırrı, M., 2019. Buğday ekim alanlarında sorun oluşturan yabancı ot türleri: Siirt ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 6(2):142-152
- Sirazuddin, Singh, S.P., Singh, V.P., Mahapatra, B.S., Verma, H., 2015. Effect of weed-control measures on yield, weed control, economics, energetics and soil microflora under different establishment methods of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J of Bio-Resource and Stress Management*. 6(6):736-743.

- Streit, B., Rieger, S.B., Stamp, P., Richner, W., 2003. Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Research*. 43(1):20-32.
- Şen, S., Özpınar, A., 2019. Bayramiç (Çanakkale) ilçesi elma bahçelerindeki yabancı ot ve yaprakbitti (Aphididae) türleri üzerinde bir araştırma. *ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.* 7(1):1-11.
- Tottman, D.R., Lupton, F.G.H., Oliver, R.H., Preston, S.R., 1982. Tolerance of several wild oat herbicides by a range of winter wheat varieties. *Annals of Applied Biology*. 100(2):365-373.
- Unger, P.W., 1990. Conservation Tillage Systems. In R.P. Singh, J.F. Parr, B.A. Stewart (Ed.), *Advances in Soil Science: Dryland Agriculture: Strategies for Sustainability Volume 13*, 27-68. Springer.
- van der Weide, R.Y., 1993. Population Dynamics and Population Control of *Galium aparine* L. - ProQuest. Wageningen University and Research ProQuest Dissertations Publishing.
- Velykis, A., Satkus, A., 2012. Effect of reduced clay loam tillage on weed infestation and spring barley yield. *Žemės ūkio Mokslai*. 19(4):236-248.
- Whitehead, R., Wright, H.C., 1989. The incidence of weeds in winter cereals in Great Britain. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Weeds*. 1:107-112.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

Balıkesir İli (Altıeylül İlçesi) Domates Tarlalarında *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın Popülasyon Yoğunluğu

Ali Özpınar^{1*} 

Şerife Gamze Gürol¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: aozpinar@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 11.10.2024

Kabul Tarihi: 27.12.2024

Öz

Araştırma, 2023 yılında, Balıkesir (Altıeylül ilçesi) ilinde üreticiye ait 10 dekarlık BASF N0287 F1 sanayi tipi domates tarlasında *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın popülasyon yoğunluğunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme alanında, dekara bir adet gelecek şekilde, 10 adet delta tipi feromon tuzağı domates parselinde hazırlanan düzeneklere asılmıştır. Parseldeki konumları sabit olacak şekilde tuzaklar numaralandırılmış ve yapışkan levhalara aktif maddesi 0.5 mg (%95 E-Z-Z,3-8-11 Tetradecatrienyl acetate + %5 E-Z,3-8 Tetradecadienyl acetate) olan ruhsatlı feromon kapsülleri yerleştirilmiştir. Tuzaklara yakalanan *T. absoluta* erginleri 5'er gün ara ile sayılmış ve bir sonraki sayım için tuzaklar temiz bırakılmıştır. Tuzakların etrafındaki 3 metrelik bitki sıralarında 4'er yaprak olmak üzere toplam 40 yaprakta *T. absoluta*'nın yumurta, larva ve pupaları sayılmıştır. Sayımlar domates hasadıyla birlikte Eylül başında sonlandırılmıştır. Örneklem süresince tüm tuzaklara aralıksız olarak erginler yakalanmış ve 3-4 ergin uçuşu gerçekleşmiştir. Ergin popülasyon yoğunluğu ağustos ayında artış göstermiş ve toplamda 3106 ergin kaydedilmiştir. Deneme parselinde tuzaklara yakalanan ergin sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P=0.417). Güneyinde mısır tarlası bulunan 1 ve 2 nolu tuzaklarda, etrafında domates tarlası bulunan kuzey ve batı yönündeki tuzaklara göre daha az ergin yakalanmıştır. Örneklem süresince deneme parselinde toplam 18 yumurta, 12 larva ve 8 pupa kaydedilmiştir. Ergin öncesi dönemlerin sayısı tuzaklara yakalanan ergin sayısına göre düşük kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir, Domates, *Tuta absoluta*, Tuzak, Ergin uçuşu.

Population Density of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tomato Fields of Balıkesir Province (Altıeylül District)

Abstract

The research was conducted to determine the population density of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in a 10-decare BASF N0287 F1 industrial tomato field in Balıkesir, (Altıeylül district) in 2023 year. In the experimental area 10 delta-type pheromone traps, placed at one trap per decare, were hung on the setups in the tomato plots. The traps were numbered to ensure their positions remained fixed within the plot and licensed pheromone capsules, containing 0.5 mg of active ingredient (%95 E-Z-Z, 3-8-11 Tetradecatrienyl acetate + %5 E-Z, 3-8 Tetradecadienyl acetate), were placed on the sticky plates of the traps. The adults of *Tuta absoluta* caught in trap were counted every 5 days, and the traps were cleaned for the next count. In the 3-meter rows of plants surrounding the traps, *T. absoluta* eggs, larvae, and pupae were counted on a total of 40 leaves, with 4 leaves taken per row. The counts were concluded with the tomato harvest at the beginning of September. Throughout the sampling period, adults were continuously captured in all traps, and 3-4 adult flights were observed. The adult population density increased in August, with a total of 3106 adults recorded. The difference in the number of adults caught in the traps within the test plot was found to be statistically significant (P=0.417). Fewer adults were caught in traps 1 and 2, which were near a cornfield to the south, compared to the traps in the north and west, which were surrounded by tomato fields. During the sampling period, a total of 18 eggs, 12 larvae, and 8 pupae were recorded. The number of pre-adult stages was low compared to the number of adults caught in traps.

Keywords: Balıkesir, Tomato, *Tuta absoluta*, Trap, Adult flight

Giriş

Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen sebzelerden biridir. Taze olarak tüketilmesinin yanı sıra, dondurulmuş, kurutulmuş, konserve, salça,

ketçap ve turşu gibi çeşitli şekillerde gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Türkiye, domates üretiminde, Çin ve Hindistan'dan sonra dünyada 3. sırada yer almaktadır (Anonim, 2022). Türkiye'de domates üretimi hem açıkta ve hem de örtü altında yapılmakta olup, en çok %32.7 ile Akdeniz, %24.4 ile Ege, %12.5 ile Doğu Marmara ve %8 ile Batı Marmara bölgelerinde gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2022). İller bazında domates üretim alanları bakımında 19 bin ha ile Antalya ilk sırada yer almaktadır. Bunu 16 bin ha ile Bursa ve 13 bin ha ile Manisa takip etmektedir. Ülkemizde üretilen toplam domatesin %3.8'ini ve salçanın ise %9.1'ni karşılayan Balıkesir ili üretim alanı bakımında 8. sırada yer almaktadır (Anonim, 2021). Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2022 yılı Faaliyet Raporu verilerine göre ilin tamamında 5 500 ha alanda domates yetiştiriciliği yapılmakta ve 414.989 ton domates üretilmektedir (TÜİK, 2022). Balıkesir ili Altieylül ilçesi, domates üretimi açısından önde gelen ilçelerden biridir. Ovaköy'de domates işleyen iki fabrikanın sözleşmeli üretim yapması domatesi bölge için ekonomik değer yaratan bir ürün haline getirmiştir.

Üretimi devamlı hale gelen domates ekim alanlarında ana zararlı konumunda olan Domates güvesi (*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae))'nin ürün kaybına neden olması mücadelesini zorunlu kılmıştır. İstilacı tür olan Domates güvesi 2009 yılında; ülkemize giriş yapmış olup; Antalya, İzmir'in Urla ilçesi, Çanakkale ve Balıkesir'de ilk kez varlığı tespit edilmiştir (Kılıç, 2010; Tatlı ve Göçmen, 2019). Buradan hızla ülkenin tüm bölgelerine yayılmış ve Güney Marmara Bölgesi'nde önemli ürün kaybına neden olmuştur (Çetin ve ark. 2014; Polat ve ark., 2015). Hem açık alanlarda ve hem de seralarda domateslerde %80-100 oranında ürün kaybına neden olan *T. absoluta* ile mücadele domates üretiminin devamlılığı açısından önem taşımaktadır (Sannino ve ark., 2012). *T. absoluta*'nın Aydın ilinde, domates yapraklarındaki bulaşma oranı sonbaharda %10-66 ve ilkbahar ise %5-100 arasında değiştiği belirlenmiştir (Demiroz ve Gençsoylu, 2017). Van gölü havzasında domates alanlarında *T. absoluta*'nin bitkilerdeki bulaşıklık oranının %100'e kadar çıktığı ve meyvelerdeki bulaşık oranının da %40'a ulaştığı saptanmıştır (Argış, 2023). *T. absoluta* larvalarının domates bitkisinde yaptığı zarar nedeni ile bitkide verim kaybına neden olduğu gibi bitkinin tamamen kurumasına da neden olabilmektedir. Meyvelerde açtığı galeriler ikincil enfeksiyonlara yol açabilmekte ve meyvelerin çürümesine neden olmaktadır. Bu durum, zarar gören meyvelerin pazar değerinde önemli düşüşe neden olmaktadır (Kılıç, 2011). Çanakkale ilinde *T. absoluta*'nın yapraktaki zarar oranı %90 iken, meyvede ise %41 olarak belirlenmiştir (Çetiner, 2019). *T. absoluta* larvalarının domates bitkisinin yeşil aksamı ile beslenmesi sonucunda ise bitkide fotosentez kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Garzia ve ark., 2012). Domates üretiminin geleceği, bu zararlıya karşı verilecek mücadelenin etkinliğine bağlı olup, uygun mücadele tekniklerinin geliştirilmesi *T. absoluta*'nın popülasyon dinamiğinin iyi analiz edilmesi ile mümkündür.

Tuta absoluta'nın insektisitlere karşı hızla direnç geliştirmesi zararlı ile mücadelede biyolojik ve biyoteknik yöntemlere yönelimi arttırmış ve kitlesel tuzaklamanın kimyasal mücadeleye alternatif olabileceği bildirilmiştir (Aksoy, 2014).

Bu çalışmada sofralık domatese göre üretim mevsimi daha kısa olan sanayi domates üretiminde dekara 1 feromon tuzağı gelecek şekilde 10 dekar domates tarlasında ergin popülasyon gelişmesi ve tuzaklarla ergin yakalamanın, zararlının ergin öncesi dönemlerinin popülasyon yoğunluğuna etkisi değerlendirilmiştir.

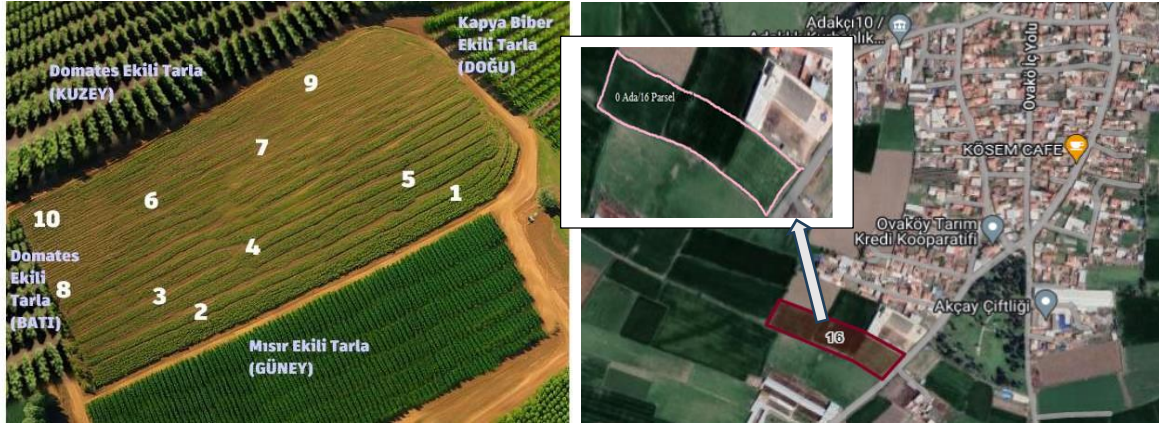
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, batısından Ege Denizi ve kuzeyinde Marmara Denizi'nde kıyıları bulunan, farklı iklim özelliklerine sahip, Balıkesir ili Altieylül ilçesi, Ovaköy'de 2023 yılında yürütülmüştür.

Deneme parselinin özellikleri ve uygulamalar

Altieylül ilçesi, Ovaköy mahallesinde üreticiye ait 10 dekar domates tarlası deneme parseli olarak belirlenmiştir. Deneme parselinin batısında kapya biber, kuzey ve doğusunda domates ve güneyinde ise mısır tarlası yer almaktadır (Şekil 1). Denemede yaprak uzunluğu 38 cm, yaprak genişliği 50 cm, meyve iriliği orta, meyvede damarlılığı zayıf, çekirdek evi sayısı 2-3 adet ve kuru madde miktarı 5.4 olan BASF N0287 F1 sanayi tipi domates fidesi 04.06.2023 tarihinde dikilmiştir.



Şekil 1. Balıkesir ilinde Altıeylül ilçesi Ovaköy’deki deneme alanı.

Figure 1. The trial area in Ovaköy, Altıeylül district, Balıkesir province.

Çalışmanın yürütüldüğü deneme parselindeki tüm bakım işlemleri üretici tarafından gerçekleştirilmiştir. Bitkinin fenolojik dönemlerine göre yapılan uygulamalar Çizelge 1’ de verilmiştir. Çiçeklenme ve meyve ön olum döneminde 20.07.2023 tarihinde İkinoktalı kırmızıörümcek (*Tetranychus urticae* Koch) ve Yeşilkurt (*Helicoverpa armigera* Hübner) esas alınarak akarisit ve insektisit kullanılmıştır. Yeşilkurt’a karşı insektisit uygulaması meyve olum döneminde farklı tarihlerde 2 kez daha tekrarlanmıştır (Çizelge 1). Bu parselde *T. absoluta* esas alınarak ruhsatlı bir insektisit kullanılmamıştır.

Çizelge 1. Deneme parselinde yapılan uygulamalar.

Table 1. Applications made in the experimental plot.

Tarih	Domatesin fenolojik dönemleri	Uygulamalar ve hedeflenen etmenler
01.06.2023	Dikim öncesi	15-15-15 kompozite taban gübresi ve üre
04.06.2023	Fide dikimi	20.20.20 kompoze gübre
21.06.2023	Vejetatif gelişme dönemi	Amonyum sülfat %21 azotlu şeker gübre
30.06.2023	Çiçeklenme dönemi	DAP gübresi
25.07.2023	Çiçeklenme ve meyve ön olum dönemi	2g/da PF Flower boos 8-52-7 gübresi
10.08.2023	Meyve olgulaşma dönemi	Sıvı kalsiyum, sıvı fosfor ve potasyum
05.08.2023	Meyve olgulaşma dönemi	375 g/l Fluazinam + 150 g/l Azoxystrobin (<i>Phytophthora infestans</i>)
20.07.2023	Çiçeklenme ve meyve ön olum dönemi	50 g/l Hexythiazox (<i>Tetranychus urticae</i>)
20.07.2023	Çiçeklenme ve meyve ön olum dönemi	300 g/l Lambda-Cyhalothrin + 80 g/l Emamectin Benzoate (<i>Helicoverpa armigera</i>)
02.08.2023	Meyve olgulaşma dönemi	“
20.08.2023	Meyve olgulaşma dönemi	“

Feromon Tuzaklarının Asılması

Domates tarlasında *T. absoluta* ergin popülasyon yoğunluğunun takibi için erkek bireyleri yakalamada ruhsatlı delta tipi tuzaklar bitki boyundan 15 cm yüksekte olacak şekilde ters “L” şeklindeki ahşap düzeneklere asılmıştır (Şekil 2). *T. absoluta* erkek bireylerin tuzaklara yakalanması, aktif maddesi 0,5 mg (%95 E-Z-Z,3-8-11 Tetradecatrienyl acetate + %5 E-Z,3-8 Tetradecadienyl acetate) olan KAPAR DG firmasına ait ruhsatlı kapsüllerle sağlanmıştır. Kapsüller tuzakların tabanındaki yapışkan levhalara yerleştirilmiş ve kapsüller 4 hafta arayla yeniler ile değiştirilmiştir. Bitkilerin boyu büyüdükçe tuzaklar ona göre yükseltilmiş ve deneme parseli içinde numaralandırılarak konumları sabit hale getirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 2. Damates tarlasında *Tuta absoluta* erginlerini yakalamada kullanılan delta tipi feromon tuzaklar.
Figure 2. Delta type pheromone traps used to capture *Tuta absoluta* adults in tomato fields.

Yöntem

Tuta absoluta'nın popülasyon yoğunluğunun belirlenmesi

Deneme tarlasında, dekara 1 adet gelecek şekilde 10 adet feromon tuzağı 11.06.2023 tarihinde hazırlanan düzeneklere asılmıştır (Şekil 2). Tuzaklara yakalanan *T. absoluta* erginleri 5'er gün arayla kaydedilmiş ve tuzakların yapışkan lavhası bir sonraki sayım için temiz bırakılmıştır.

Parsel içerisinde tuzakların bulunduğu noktanın etrafında 3'er metrelik bitki sıralarında *T. absoluta*'nın ergin öncesi (yumurta, larva ve pupa) dönemlerin sayımı Estay (2000) ve Çetiner, (2019)'e göre domates yaprağı esas alınarak; rasgele seçilen 4 yaprakta olmak üzere toplam 40 yaprakta yapılmıştır. Tarlaya fidelerin dikiminden 86 gün sonra domates hasat edilmiş ve sayımlar sonlandırılmıştır. Deneme parselinde elde edilen bulgular tuzakların konumlandığı yerler esas alınarak etrafındaki bitki desenine olan yakınlığı ile ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir.

Tuzaklarda elde edilen veriler, karekök transformasyonu ile dönüşüme uğratılmış ve varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmıştır ($F=1.03$, $df(1,2)=9.138$, $P=0.417$). Ortalamalar arasında görülen farklılıkların belirlenmesi amacıyla ise LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tuta absoluta ergin popülasyon yoğunluğu

Örnekleme süresince deneme parselindeki feromon tuzaklarına yakalanan *T. absoluta* erkek birey sayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Balıkesir ili (Altıeylül ilçesi) domates parselinde delta tipi feromon tuzaklarına yakalanan *Tuta absoluta* ergin sayıları.

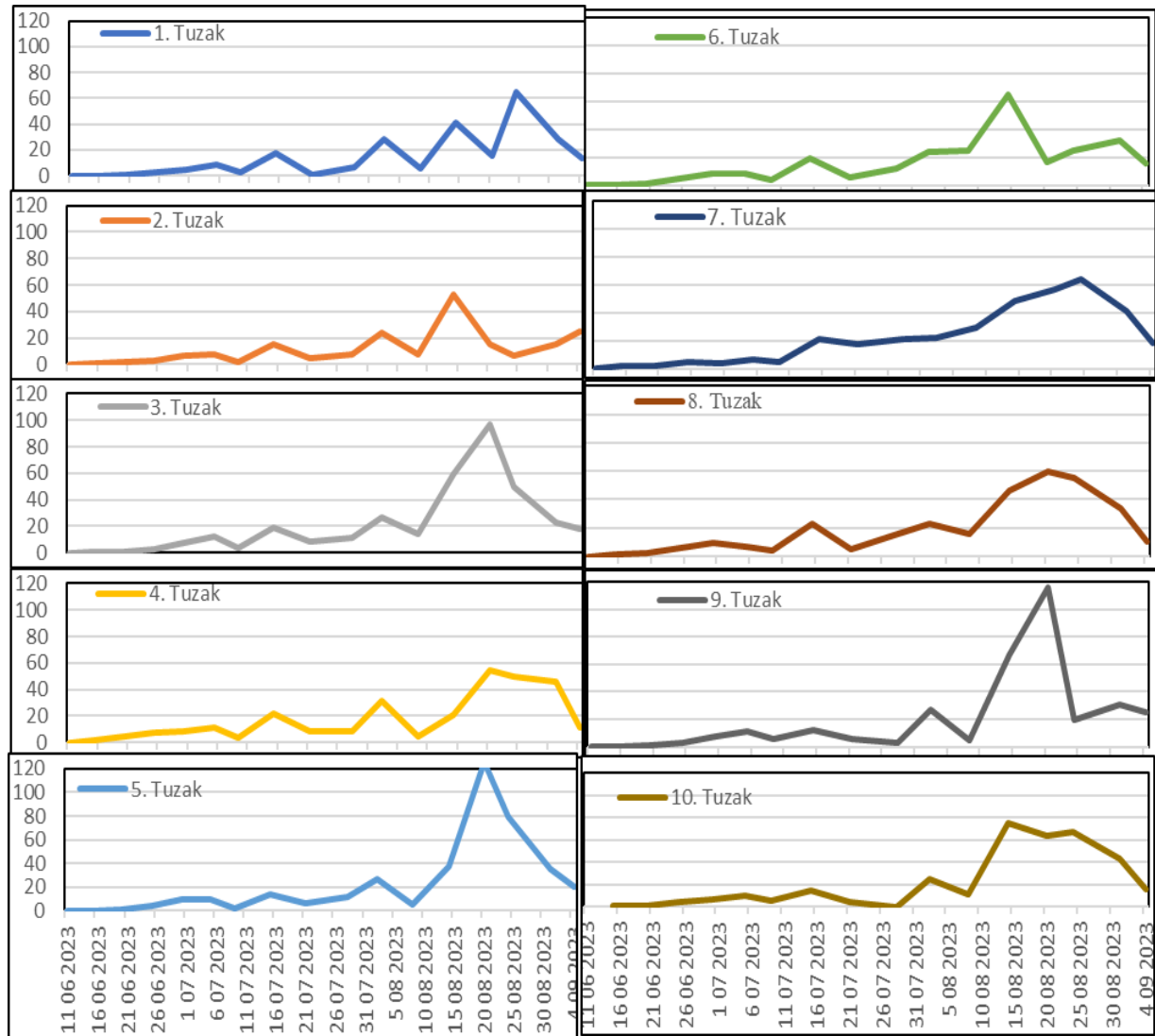
Table 2. Numbers of *Tuta absoluta* adults caught in delta type pheromone traps in the tomato plots of Balıkesir province (Altıeylül district).

Örnekleme tarihleri	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	Ortalama	Toplam
11.06.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.06.2023	0	1	1	2	0	0	2	1	0	1	0.8	8
20.06.2023	1	2	1	5	1	1	2	2	1	1	1.7	17
25.06.2023	3	3	3	7	4	5	5	6	3	4	4.3	43
30.06.2023	5	7	7	8	10	8	4	9	8	6	7.2	72
05.07.2023	9	8	12	11	9	8	6	7	11	10	9.1	91
09.07.2023	3	2	4	4	2	4	5	4	6	5	3.9	39
15.07.2023	17	15	19	22	14	19	21	23	12	14	17.6	176
21.07.2023	1	5	8	8	6	6	17	5	6	4	6.6	66
28.07.2023	7	8	11	8	12	12	21	16	3	0	9.8	98
02.08.2023	28	24	27	31	27	24	22	23	27	25	25.8	258
08.08.2023	6	8	14	5	5	25	29	16	5	11	12.4	124
14.08.2023	41	53	59	21	37	65	48	46	67	75	51.2	512
20.08.2023	15	15	97	55	126	17	56	60	116	63	62.0	620
24.08.2023	65	7	50	50	80	25	64	55	20	67	48.3	483
31.08.2023	28	15	23	46	35	32	41	34	31	43	32.8	328
04.09.2023	13	25	18	11	20	16	18	10	25	15	17.1	171
Toplam	242	198	354	294	388	267	361	317	341	344	310.6	3106

Çalışma süresince deneme parselinde yer alan tuzaklara aralıksız olarak *T. absoluta* erginleri yakalanmış ve tuzaklarda toplam 3106 (ortalama 310.6 birey) ergin sayılmıştır (Çizelge 2). *T. absoluta* ergin yakalamada kullanılan feromon kapsülleri ile aynı kimyasal içerikli Tetradeccatrienyl acetate aktif maddeli feromon kapsüllerinin kullanıldığı bir başka çalışmada 25 feromon tuzağına toplam 15.265 adet erkek birey (ortalama 869 ± 255 ergin) yakalanmıştır (Filho ve ark., 2000). Görüldüğü üzere elde ettiğimiz sonuçlara göre tuzak başına ortalama ergin sayısı oldukça yüksek bulunmuş ve yüksek ergin popülasyon yoğunluğunda da kitlesel tuzaklamanın başarıyla uygulanabileceği kanısına varılmıştır.

Tuzaklara yakalanan *T. absoluta* erginlerin mevsimsel dağılımı incelendiğinde (Çizelge 2 ve Şekil 3); domates bitkisinin çiçeklenme ve meyve ön olum dönemi olan haziran ve temmuz ayında (Çizelge 1) tuzak başına ortalama 5.69 ergin yakalanmıştır. Bu dönemde yakalanan ergin sayısı mevsimin ilerleyen tarihlerde yakalanan ergin sayısına göre düşük kalmıştır. İlerleyen tarihlerde ergin sayısındaki artışla birlikte tuzak başına ortalama 17.6 bireyle ilk tepe noktası 15 Temmuz tarihinde gerçekleşmiştir. Domates meyve olum döneminde (Çizelge 1), 02.08.2023 tarihinde ortalama 25.8 birey ile ikinci tepe noktası ve 24.08.2023 tarihinde ise tuzak başına ortalama 40.05 ergin yakalanarak 3. tepe noktası meydana gelmiştir (Şekil 3). *T. absoluta* ergin sayısı ağustos ayı sonundan itibaren azalmış ve 4 Eylül 2023 tarihinde domates hasadı ile örnekleme sonlandırılmıştır. Bu bulgulara göre, tuzaklara yakalanan *T. absoluta* erginleri örnekleme süresince 3-4 uçuş gerçekleşmiştir. Nitekim, Polat (2014)'ın doğal koşullarda yaptığı çalışmada *T. absoluta*'nın bir dölünün 23-24 günde tamamlandığını; Erdoğan ve Babaroğlu, (2014) ise iklim odasında bu sürenin ortalama 28.25 gün olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen ergin popülasyon gelişim eğrisine göre Balıkesir ilinde *T. absoluta*'nın 3-4 döl verebileceği düşünülmektedir. Kılıç, (2011) *T. absoluta*'nın uygun iklim koşullarında bir dölünü 29-38 gün de tamamlayabildiğini ve döl sayısının yılda 10-12 adet olduğu ergin popülasyon artışının eylül ayından itibaren başladığını bildirmiştir.

Diğer taraftan, Polat (2014), 2012-2013 yıllarında Çanakkale ilinin farklı ilçelerindeki domates tarlalarında mart-kasım aylarında yaptıkları çalışmada feromon tuzaklarına yakalanan *T. absoluta* ergin sayısının ağustos ayı başından itibaren arttığı ve bu artışın eylül ve ekim aylarında da devam ettiğini ve

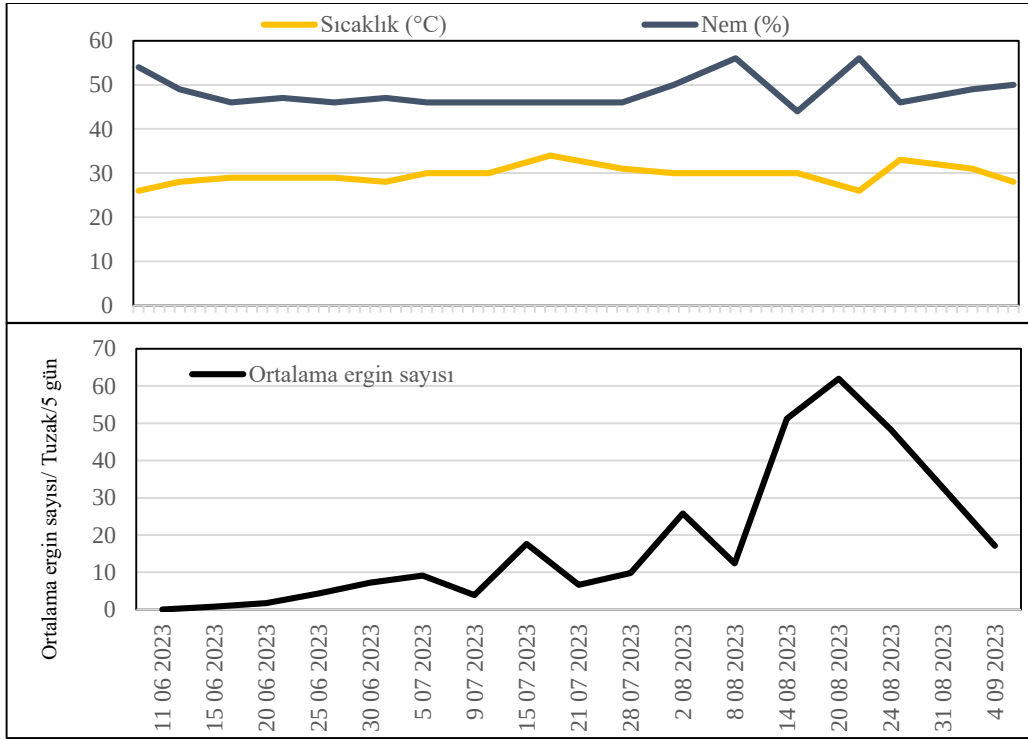


Şekil 3. Balıkesir ili (Altıeylül ilçesi) deneme parselinde delta tipi feromon tuzaklarına yakalanan *Tuta absoluta*'nın ergin popülasyon gelişmesi.

Figure 3. Adult population development of *Tuta absoluta* caught in delta type pheromone traps in the experimental plot of Balıkesir province (Altıeylül district).

örnekleme süresince 6 uçuşun gerçekleştiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda *T. absoluta* döl sayısının bulunduğu bölgeye göre değişiklik gösterdiği Mısır'da *T. absoluta*'nın 11-13 döl verdiği (Abolmaaty ve ark., 2010), Türkiye'de, Şanlıurfa'da *T. absoluta* ergin uçuşunun Mayıs ayından itibaren başladığı ve Ekim ayına kadar devam ettiği ve bu süre içinde 4 döl verdiği bildirilmiştir (Mamay ve Ünlü, 2012). Yine Adana'da ilk ergin uçuşunun Nisan ayında başladığı, en yüksek popülasyon seviyesine Haziran'da ulaştığı belirlenmiştir (Portakaldalı ve ark., 2012). Çanakkale ilinde 2016-2017 yıllarında *T. absoluta* erginlerinin 15 Mart tarihinde tuzaklara yakalandığı ve ergin sayısının, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yüksek seviyelere ulaştığı ve yaklaşık 9 ay doğada aktif olduğu belirlenmiştir (Polat, 2020). Yine iklim özellikleri bakımında farklı bir bölgede yer alan Erzincan ve Iğdır illerinde *T. absoluta*'nın doğada Haziran başlarında uçuşu ve en yüksek popülasyon yoğunluğuna Eylül-Ekim aylarında ulaştığı tespit edilmiştir (Canbay ve ark., 2014). Van Gölü havzasında domates üretim alanlarında *T. absoluta*'nın Haziran başından itibaren görüldüğü; Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında ergin sayısının en yüksek düzeye ulaştığı ve yılda 3-4 döl verdiği bildirilmiştir (Argış, 2023).

Tuta absoluta ergin popülasyon yoğunluğu ve uçuş sayısı başta sıcaklık olmak üzere iklim faktörlerinin etkisi ile şekillenmiştir. Sonbaharda sıcaklıklardaki kısmi düşüş ergin popülasyonunda artışa neden olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Tuzaklara yakalanan *Tuta absoluta* ergin sayısı ile iklim değerleri ile ilişkisi.

Figure 4. The number of *Tuta absoluta* adults caught in traps and its relationship with climate values.

Genel olarak ergin popülasyon yoğunluğunun eylül-ekim aylarında en yüksek seviyeye ulaştığı konusunda araştırmacıların hem fikir olduğu görülmüştür. Tatlı ve Göçmen (2019)'nin yaptığı çalışmada, *T. absoluta* popülasyonunun ilkbahar ve sonbaharda arttığını ancak, yaz ve kış aylarında azaldığını tespit etmiştir. Sıcaklığın düşmeye başladığı mevsim sonuna doğru ergin sayısındaki artışa rağmen, Garzia ve ark., (2012) sıcaklığın *T. absoluta*'nın gelişimi üzerinde etkili olduğu ve bu nedenle sıcak iklimlerde çok sayıda döl verebildiğini belirtmiştir. Ancak, Özgökçe ve ark., (2016) *T. absoluta*'nın ergin öncesi dönemlerinin 15-34°C sıcaklık derecelerinde geliştiği, optimal gelişmeyi 25°C'de gösterdiğini; 15°C'de 78 günde ve 29°C ise 21 günde gelişmesini tamamladığını bildirmiştir. Yapılan modelleme ile sıcaklık artışının 30°C'den sonra gelişmeyi yavaşlattığını tespit etmiştir. Yine Polat ve ark., (2016)'göre *T. absoluta* döl sayısının sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve doğal koşullarda bir dölün 31-186 günde tamamladığını belirlemiştir. Bu çalışmada da, sıcaklıklardaki hafif düşüşün ergin popülasyon artışına neden olduğunu göstermiştir.

Tuzak etkinliklerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada, örnekleme süresince tuzakların ergin yakalamadaki sürekliliği, kitlesel yakalamada tuzakların kullanılabileceği kanısına varılmıştır. Ancak, tuzaklara yakalanan ergin sayısı birbirinden farklı bulunmuştur. Çizelge 3'de görüldüğü üzere bu fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($F=1.03$, $df(1,2)=9.138$, $P=0.417$). Kitlesel tuzaklamada tuzak etkinliğinin başarısı bakımında bu farkın nedeni değerlendirilmiş ve parsel etrafındaki konukçu bitkilerden bir etkilenme olduğu kanaatine varılmıştır.

Çizelge 3. Tuzaklarda yakalanan ortalama *Tuta absoluta* ergin sayıları (Ortalama±Standart Hata) (n=17).

Table 3. Average number of *Tuta absoluta* adults caught in traps (Mean±Standard Error) (n=17).

1.T	2.T	3.T	4.T	5.T	6.T	7.T	8.T	9.T	10.T
14.24±4.25	11.65±3.16	25.14±7.06	19.47±4.57	29.62±9.87	15.71±3.90	25.50±5.26	22.43±5.10	24.29±8.40	26.31±7.29
B	B	A	AB	A	AB	A	AB	A	A

Nitekim, en az ergin, deneme parselinin güneyinde yer alan ve mısır tarlasına (Şekil 1) yakın olan 1 ve 2 nolu tuzaklarda yakalanmıştır. Diğer 8 tuzağa yakalanan ergin sayısının fazla olması kuzeyden güneye doğru esen hakim rüzgarların etkisiyle kuzey ve batı yönündeki domates tarlalarından erginlerin deneme parseline sürüklenmesine bağlanmıştır. Kuzeyden güneye esen hakim rüzgardan etkilenen bu tuzaklara yakalanan ergin sayıları istatistiksel analize göre aynı grupta yer almıştır. Polat,

(2014) *T. absoluta* erginlerinin sürüklenmesinde hâkim rüzgarların etkili olduğunu ve tuzakların asılmasında hakim rüzgar yönünün önemine işaret etmiştir. Dolayısıyla tuzaklara yakalanan ergin sayısında rüzgâr yönünün etkisinin önemi yanında, feromon kokusunun yayılmasını etkileyen diğer abiyotik faktörlerin de dikkate alınmasında yarar vardır. Tuzak etkinliği, parsel içerisinde tuzaklar arasındaki mesafenin uygun olması halinde feromon kokusunun yayılmasını optimal düzeye çıkaracaktır. Nitekim şaşırtma tekniğinin başarısı yayıcıların parsel içerisinde koku salma alanlarının iz düşümlerine göre ayarlanmaktadır. Bu bakımdan kitlesel yakalama etkinliğinin başarısı için de tuzaklar arası mesafenin uygun olmasının önemli olduğu kanısına varılmıştır.

***Tuta absoluta*'nın ergin öncesi dönemlerinin popülasyon yoğunluğu**

Tuta absoluta'nın ergin ve ergin öncesi dönemlerine ait toplam değerler örnekleme tarihleri esas alınarak Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Balıkesir ili (Altıeylül ilçesi) *Tuta absoluta* ergin (10 tuzak) ve ergin öncesi dönemlerine ait sayısal değerler (40 yaprak).

Table 4. Numerical values of adult (10 traps) and pre-adult stages (40 leaves) of *Tuta absoluta* in Balıkesir province (Altıeylül district).

Tarih	Ergin sayısı	Yumurta	Larva	Pupa
11 06 2023	0	0	0	0
15 06 2023	8	0	0	0
20 06 2023	17	1	0	0
25 06 2023	43	1	0	0
30 06 2023	72	2	1	0
5 07 2023	91	3	1	0
9 07 2023	39	0	0	1
15 07 2023	176	2	1	1
21 07 2023	66	0	0	0
28 07 2023	98	1	1	0
2 08 2023	258	3	0	0
8 08 2023	124	2	1	2
14 08 2023	512	2	2	1
20 08 2023	620	0	2	1
24 08 2023	483	0	1	1
31 08 2023	328	1	0	0
4 09 2023	171	0	2	1
Toplam	3106	18	12	8

Örnekleme süresince Mayıs ve Eylül ayları arasında 5 gün ara ile 10 tuzakta toplam 3016 adet ergin sayılmıştır. Buna karşılık 18 adet yumurta, 12 adet larva ve 8 adet pupa kaydedilmiştir (Çizelge 4). Tuzaklara yakalanan toplam ergin sayısına göre ergin öncesi dönemlerin sayısal değerleri düşük seviyede kalmıştır. Çanakkale ilinde (Batakovaşı) örnekleme amaçlı olarak ergin yakalamada kullanılan feromon tuzağında 2012 ve 2013 yılında sırasıyla; toplam 2017 ergin, 78 yumurta, 84 larva ve 36 pupa; 2988 ergin 53 yumurta, 40 larva ve 34 pupa sayılmıştır (Polat, 2014). Görüldüğü üzere tuzaklara yakalanan toplam ergin sayısı ile ergin öncesi dönemlerinin sayısal değerleri arasındaki fark oldukça yüksek çıkmıştır. Sonuçların bu şekilde olmasında ergin öncesi dönemlerin sayımındaki zorluğun yanında, ergin öncesi dönemler üzerinde doğal ölüm faktörlerinin de payının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle bazı ülkelerde tutarlı olması bakımında mücadeleye ilişkin eşik değerleri tuzaklara yakalanan ergin sayısından yola çıkılarak tespit edilmiştir. Eşik değerleri Brezilya'da günlük 45 ve Şili'de ise 100 ergin olarak bildirilmiştir (Desneux ve ark., 2010). Uluslararası Bitki Koruma Örgütü (EPPO), ise eşik değerini 100 bitkinin 3'ünün de yumurta veya larva olarak belirtmiştir. Ülkemizde ise tuzaklara erginler yakalandıktan sonra 100 bitkinin 3'ü zararlının herhangi biyolojik dönemi ile bulaşık ise mücadeleye karar verilmektedir.

Çizelge 1’de görüldüğü üzere deneme parselinde 3 farklı tarihte *H. armigera* hedeflenerek insektisit kullanılmıştır. Bu kimyasal bileşik *T. absoluta* için ruhsatlı olmadığı halde *T. absoluta* ile mücadelede de etkili olduğu bölge üreticileri tarafından kabul görmektedir. Ancak, ilaçlamadan sonra ergin öncesi dönemlerin sayım sonuçlarında göze çarpan bir düşüş kaydedilmemiştir. Dolayısıyla, *T. absoluta* popülasyon yoğunluğunu düşürmede kitlesel tuzaklamanın payı tam olarak netlik kazanmamakla birlikte sanayi domatesinin eylül ayında hasad edilmiş olması, bu ürünün kitlesel tuzaklama ile *T. absoluta* zararından kurtarılacağı kanısına varılmıştır. Nitekim, Aksoy (2014)’un bu bölgede (Bursa) yaptığı çalışmada; *T. absoluta* larva zararını azaltmada en etkili sonucun delta tipi feromon tuzaklarla kitlesel yakalama ile sağlandığını ve kimyasal mücadeleye alternatif olabileceğini vurgulamıştır. Yine, Polat, (2019) biyoteknik mücadele yöntemi kapsamında farklı tuzak ve kombinasyonlarının *T. absoluta* larva zararını azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir

Sonuç ve Öneriler

Sözleşmeli sanayi domates üretiminin yapıldığı Balıkesir ilinde üretimin devamlılığında *T. absoluta* ile uygun mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada dekara 1 tuzak olacak şekilde 10 dekarda 10 delta tipi feromon tuzağı ile yaklaşık 90 gün aralıksız kitlesel tuzaklama yapılmıştır. Haziran ve temmuz aylarında ergin popülasyon yoğunluğu oldukça düşük düzeyde kalmıştır. Ergin sayısı ağustos ayı başından itibaren artmış ve eylül ayında domatesin hasadıyla birlikte tuzaklardaki sayım sonlandırılmıştır. Bölgede üretimi yapılan sanayi domates çeşidinin diğer domates çeşitlerine göre erken hasat edilmesi, zararlı popülasyon yoğunluğunun yüksek düzeye ulaştığı eylül ayındaki olası zarardan etkilenmemesi, bir avantaj olarak değerlendirilmelidir.

Örnekleme süresince deneme parselinde toplam 3106 ergin tuzaklara yakalanmıştır. Buna karşılık 18 yumurta, 12 larva ve 8 pupa sayılmıştır. Ergin öncesi dönemlere ait sayım sonuçları ergin sayılarına göre düşük düzeyde kalmıştır. Ancak bu sonuçları, kitlesel tuzaklamaya bağlamak için elde edilen sonuçların kontrol parselleri ile karşılaştırılması gerekirdi. Bu çalışmada, üretici koşullarında oluşturulan kontrol parselinde arzu edilen şeklide veri alınamadığı için karşılaştırma yapılamamıştır.

Ergin öncesi dönemler üzerindeki biyotik ve abiyotik faktörlerden kaynaklı doğal ölüm oranının yüksek olması bu değerlerin düşük çıkmasına neden olabilir. Bu çalışmayla sanayi domates üretimine özgü olarak, kitlesel tuzaklamanın *T. absoluta* larva zararını azaltılacağı yönünde ümitvar sonuçlar elde edildiğini söyleyebiliriz. Kimyasal uygulamalara göre yan etkisinin de olmadığı göz önüne alındığında zararlının kontrolünde kitlesel tuzaklamayı önemli kılmaktadır.

Teşekkür: Bu makale Şerife Gamze Gürol’un yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümüdür.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abolmaaty S. M., Hassanein M. K., Khalil A. A., Abou-Hadid A.F., 2010. Impact of climatic changes in Egypt on degree day’s units and generation number for tomato leaf miner moth, *Tuta absoluta*, (Meyrick) (Lepidoptera Gelechiidae). Nature & Science. 8(11): 122-129.
- Anonim, 2022. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi Verileri, 2021.
- Anonim, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021>.
- Aksoy, E., 2014. Bursa ili Karacabey ilçesinde Domates yaprak galeri güvesi (*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae))’nin açıkta domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda yayılışı, popülasyon değişimi ve kitlesel tuzaklama ile mücadelesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Yüksek Lisans Tezi, 77 s.
- Argış, F., 2023. Van gölü havzasında *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)’nın domates alanlarındaki yayılışı, popülasyon gelişmesi, bulaşıklık ve zarar oranı ile doğal düşmanlarının saptanması. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van Doktora Tezi, 127 s.

- Canbay, A., Alaserhat, İ., Tohma, Ö., 2014. Erzincan ve Iğdır illeri domates alanlarında zararlı *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) ve predatörlerinin popülasyon takibi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi.45(2): 79-97.
- Çetiner, K., 2019. Çanakkale ilinde Domates yaprak galeri güvesi, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin kitlesel tuzaklama ile kontrolü ve zarar oranının belirlenmesi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Hatay Yüksek Lisans Tezi, 64 s.
- Çetin, G., Hantaş, C., Sönmez, İ., 2014. Güney Marmara Bölgesi'nde Domates güvesi [*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)]'nin doğa koşullarında bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni. 54(3): 181-189.
- Demiroz, M., Gençsoylu, İ., 2017. Determining the population dynamics infestation of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) by different traps on tomato in Aydın province, Turkey. Agreng. 38: 380-385.
- Desneux, N., Wajnber, G.E.G., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., S. Arparia, C., Narvaez-Vasquez, A., Gonzalezcabrera, D., J., Ruescas, C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., Urbaneja, A., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal Pest. Science. 83:197-215.
- Eppo, 2010. EPPO Reporting service-Pest & Diseases. No 1, Paris. https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_publications/eppo_reporting_service.
- Erdoğan P., Babaroğlu N. E., 2014. Life table of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University. 31 (2): 80-89.
- Estay P., 2000. Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Impresos CGS Ltd. Available online at <http://www.inia.cl/medios/Decargas/CRI/Platina/Informativo9.pdf>. Ferrara, F.A.A., E.F Vilela, G. N Jh Filho, M. M., Vilela E.F., Attygalle A.B., Weinwald J., Svatos A., Jham G.N., 2000. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. Journal of Chemical ecology. 26(4): 875-881.
- Garcia, M.F., Espul, J., C., 1982. Bioecología de la polilla del tomate (*Scrobipalpa absoluta*) en Mendoza, República Argentina. Rev Invest Agropecuarias INTA (Argentina).18: 135-146.
- Kılıç, T., 2010. First record of *Tuta absoluta* in Turkey. Phytoparasitica. 38(3):243- 244.
- Kılıç, T., 2011. Domates güvesi (*Tuta absoluta* (Meyrick), (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin Türkiye'deki yayılışı ve mücadelesine yönelik alınan önlemler. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 28-30 Haziran, Kahramanmaraş, 225 s.
- Mamay M., Yanık E., 2012. Şanlıurfa'da domates alanlarında Domates güvesi (*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae))'nin ergin popülasyon gelişimi. Türkiye Entomoloji Bülteni. 2(3): 189-198.
- Özgökçe, M.S., Bayındır, A., Karaca, İ., 2016. Temperature-dependent development of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae). Türkiye Entomoloji Dergisi. 40(1):51-59.
- Polat, B., 2014. Çanakkale ilinde Domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick 1917), (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin bazı biyolojik ve ekolojik özelliklerinin araştırılması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Çanakkale Doktora Tezi, 71 s.
- Polat, B., 2019. Efficacy of mass trapping of tomato leafminer (*Tuta absoluta*) with different types and colours of traps in open-field tomato. Applied Ecology and Environmental Research. 17(6): 15721-15730.
- Polat, B., 2020. Batakovaşı (Çanakkale) açık alan domates yetiştiriciliğinde Domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)'nin popülasyon değişiminin belirlenmesi. Bahçe. 49(1): 35 - 41.
- Polat, B., Özpinar, A., Şahin, A.K., 2015. Çanakkale ilinde Domates güvesi (*Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae))'nin konukçuları ve bulaşma oranının belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni. 55(4): 331-339.
- Polat, B., Özpinar, A., Şahin, A.K., 2016. Studies of selected biological parameters of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick), (Lepidoptera: Gelechiidae) under natural conditions. Phytoparasitica. 44:195-202.
- Portakaldalı, M., Öztemiz, S., Kütük, H., 2013. Adana'da açık alan domates yetiştiriciliğinde *Tuta absoluta* ve doğal düşmanlarının popülasyon takibi. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 27(2): 45-54.
- Sannino, L., Piro, F., Proto, S., Savino, F., Campo, G., 2012. Mating disruption of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse cultivation by Isonet IOBC/WPRS Bulletin. 80: 327-331.
- Tatlı, E., Göçmen, H., 2019. Domates yaprak galeri güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin Batı Akdeniz Bölgesi domates üretim alanlarında popülasyon değişiminin saptanması. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences. 9(2): 63-68.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Online. <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

***In Vitro* Investigation of Cornerstone and GF-677 Rootstocks Tolerance to Drought Stress Conditions**

Rıdvan Parlar¹  Deniz Eroğul^{1*}  Nevzat Sevgin² 

¹Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Seed Science and Technology, İzmir, Türkiye

²Şırnak University, Faculty of Agriculture Department of Horticulture, Şırnak, Türkiye

*Corresponding author: deniz.erogul@ege.edu.tr

Received Date: 27.06.2024

Accepted Date: 21.02.2025

Abstract

With global warming, the use of drought-resistant rootstocks becomes mandatory. GF-677 (*Prunus amygdalus x Prunus persica*) rootstock shows a high tolerance to arid conditions, while it is not recommended for lands with heavy groundwater. It has high graft compatibility with peach, nectarine and almond varieties. Cornerstone (*Prunus dulcis x Prunus persica*) rootstock is more drought-resistant than Nemaguard (*P. persica x P. Davidiana*) and tolerates heavier soils. It is reported to be compatible with peach, nectarine, almond and even apricot varieties. This study evaluated the drought stress response of Cornerstone rootstock under *in vitro* conditions and compared it with GF-677 rootstock. For this purpose, artificial drought stress was created by adding PEG 8000 at different concentrations to the MS nutrient medium under *in vitro* conditions, and following the PEG 8000 application, characteristics such as shoot number per explant, shoot length, shoot fresh weight, shoot dry weight, chlorophyll content, leaf turgor weight, relative water content, and proline amount were examined in the rootstocks. As the concentration of PEG 8000 increased, the shoot number and shoot length decreased in both rootstocks. At higher PEG 8000 concentrations, Cornerstone rootstock showed a smaller decrease in chlorophyll content, while both rootstocks exhibited increased proline content. Cornerstone rootstock accumulated higher proline levels than GF-677 at all PEG 8000 concentrations. Fewer shoots, reduced shoot length, controlled increase in fresh and dry weights, stable dry weight under severe drought, higher proline levels, and minimal chlorophyll decrease indicate the Cornerstone rootstock's drought resistance. The study shows that both rootstocks exhibit different levels of drought resistance under varying conditions. Cornerstone, a new rootstock for Türkiye, is recommended for fruit growing in drought-prone areas.

Keywords: Cornerstone, drought, GF-677, rootstock, tissue culture

Cornerstone ve GF-677 Anaçlarının Kuraklık Stresi Toleranslarının *In vitro* Koşullarda Araştırılması

Öz

Küresel ısınma ile kuraklığa dayanıklı anaçların kullanımı zorunlu hale gelmektedir. GF-677 (*Prunus amygdalus x Prunus persica*) anacı, kurak koşullara yüksek tolerans gösterirken, ağır taban suyu bulunan araziler için önerilmez. Şeftali, nektarin ve badem çeşitleriyle yüksek aşı uyumuna sahiptir. Cornerstone (*Prunus dulcis x Prunus persica*) anacı, Nemaguard'a (*P. persica x P. Davidiana*) göre kuraklığa daha dayanıklıdır ve daha ağır toprakları tolere eder. Şeftali, nektarin, badem hatta kayısı çeşitleriyle uyumlu olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada Cornerstone anacının kuraklık stresine tepkisi *in vitro* koşullarda değerlendirilmiş ve GF-677 anacı ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, *in vitro* koşullarda MS besin ortamına farklı konsantrasyonlarda Polietilen Glikol 8000 (PEG 8000) eklenerek yapay kuraklık stresi oluşturulmuş ve uygulamayı takiben, anaçlarda eksplant başına sürgün sayısı, sürgün uzunluğu, sürgün taze ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, klorofil içeriği, yaprak turgor ağırlığı, nispi su içeriği ve prolin miktarı gibi özellikler incelenmiştir. PEG 8000 konsantrasyonu arttıkça, her iki anaçta sürgün sayısı ve sürgün uzunluğunda azalma yaşanmıştır. Artan PEG 8000 konsantrasyonlarında klorofil içeriğindeki azalma Cornerstone anacında daha az olurken, her iki anaçta da prolin içeriğinde artış kaydedilmiştir. Cornerstone anacı tüm PEG 8000 konsantrasyonlarında GF-677 anacından daha yüksek prolin seviyeleri biriktirmiştir. Düşük sürgün sayısı, stres altında sürgün uzunluğunda azalma, hem taze hem de kuru ağırlıklarda kontrollü artış, şiddetli kuraklık stresi altında kontrol bitkilerine eşdeğer kuru ağırlık, yüksek prolin seviyeleri ve

klorofil içeriğinde önemsiz azalma, Cornerstone anacının kuraklık stresi koşullarına dirençli olduğunu göstermektedir. Çalışmanın sonucu, her iki anacın da farklı koşullar altında değişen seviyelerde kuraklığa direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır. Türkiye için yeni bir seçenek olan Cornerstone anacı, kuraklığa eğilimli ortamlarda meyve yetiştiriciliği için uygun bir anaç olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anaç, Cornerstone, doku kültürü, GF-677, kuraklık

Introduction

Global warming has various environmental impacts, including climate changes, with one significant consequence being the increase in drought events (Dolaş and Kılıç, 2008). Recent studies have focused on the physiological responses of plants to environmental stresses and especially on reducing water shortage and osmotic stress due to global warming (Moustakas et al., 2011). There is an immediate necessity to develop drought-tolerant rootstocks capable of adapting to changes in water use (Bielsa et al., 2018). Due to the impact of water shortages on numerous plant processes at molecular and morphological levels, the prioritized objectives in *Prunus* rootstock breeding programs include the development of drought-tolerant rootstocks and cultivars (Arismendi et al., 2015).

The use of rootstocks that provide efficiency in water use and resistance to abiotic stresses will be of great importance in fruit cultivation in the future (Webster, 2002). In contemporary fruit cultivation, the resistance level of both the rootstock and the variety against biotic and abiotic stress conditions plays a crucial role in achieving economically and environmentally sustainable cultivation. Particularly in addressing abiotic challenges, the selection of rootstock may hold greater significance than that of the variety (Webster, 2002). In fruit cultivation, rootstocks have been shown to mitigate the adverse impacts of various abiotic stressors (Bolat ve İkinci, 2019). Therefore, the selection of rootstocks and propagation conditions are crucial for improving drought tolerance (Dutra de Souza et al., 2017).

In fruit production, establishing orchards with varieties grafted onto drought-tolerant rootstocks has become increasingly important. Nowadays, with declining irrigation options, the significance of rootstocks that facilitate fruit cultivation with reduced water usage has increased. In Türkiye, almond and peach are intensively cultivated, especially in the Aegean and Mediterranean regions. One of the commonly used rootstocks in the cultivation is GF-677 (*Prunus amygdalus* x *Prunus persica*). The GF-677 rootstock is a hybrid of almond (*P. amygdalus*) and peach (*P. persica*). The GF-677 rootstock shows high graft compatibility with peach, nectarine, and almond varieties, contributing positively to the fruit yield and quality of the grafted plants. It is known for its high tolerance to calcareous soils and drought conditions (Stylianides et al., 1989; Küden, 2000).

However, there is a need for different rootstocks for cultivation under drought conditions. The Cornerstone (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*) rootstock, new for our country, has been reported to be suitable for salty and drought conditions (Burchell Nursery Inc, 2023). Cornerstone rootstock is a hybrid of almond (*Prunus. dulcis*) and peach (*Prunus persica*). It is reported to be compatible with peach, nectarine, almond and even apricot varieties (Slaughter et al., 2010). It is tolerant to high pH calcareous soils, salt and iron chlorosis (Sandhu et al., 2020; Burchell Nursery Inc., 2023). According to reports, high-yield and sweeter fruits are obtained from the varieties grafted on this rootstock (O'Connell and Stefanell, 2018). Although some studies have been conducted on its suitability for salty conditions (Sandhu et al., 2020), research on its adaptation to drought conditions is limited.

In *in vitro* studies, drought stress is usually induced using polyethylene glycol (PEG) (Osmolovskaya et al., 2018). PEG-induced drought conditions offer a convenient, cost-effective, simple, and rapid method for evaluating drought stress tolerance, enabling the screening of numerous genotypes (Manoj and Uday, 2007; Esan et al., 2018; Carvalho et al., 2019). Gisela 5 cherry rootstock, cherry rootstocks, GF-677 rootstock, Garnem rootstock, Myrobolan 29C, citrus rootstocks, almond cultivars, apple cultivars and cherry cultivars were evaluated for their tolerance to drought stress using PEG (Sivritepe et al., 2008; Karimi et al., 2012; İpek, 2015; Şimşek et al., 2018; Hamayat et al., 2020).

The aim of this study was to assess the suitability of GF-677 rootstock, which is commonly used in establishing almond and peach orchards in drought-prone regions of our country, and to evaluate the potential of Cornerstone rootstock as an alternative, particularly in areas with limited irrigation facilities, by comparing it to GF-677. Hence, this tissue culture study was conducted to assess the drought resistance level of GF-677 and Cornerstone rootstocks, to compare them, and to evaluate the potential of Cornerstone as an alternative rootstock.

Materials and Methods

Plant Materials

The GF-677 rootstock used in the study was sourced from the controlled greenhouse facilities of Bademli Biotechnology Industry and Trade Limited Company (İzmir, Türkiye), while the Cornerstone rootstock was obtained from Parlar Fidancılık Company (İzmir, Türkiye).

Method

The nutrient medium described by Murashige and Skoog (1962) was used for *in vitro* tissue culture propagation of rootstocks. 30 g sucrose per litre, 7 g agar per litre, plant growth regulator BAP 1 mg/ml and NAA 0.01 mg/ml were added to the medium.

Approximately 0.5 cm long 'eyes' or bud explants were obtained from mother plants. For surface sterilization, explants were washed under tap water for one hour, followed by treatment with 70% ethyl alcohol for 30 seconds. After washing, explants were soaked in 15% commercial bleach solution for 15 min and rinsed thrice with sterile distilled water.

After sterilization, explants were placed on MS medium in culture tubes and allowed to grow in a climate chamber with a temperature of 23 ± 2 °C. At the end of the four-week growth period, healthy explants free of microbial contamination were subcultured. Before starting the experiments, subculturing was carried out every three weeks in order to obtain a sufficient number of micro-shoots; after the desired number of micro-shoots was reached, drought stress experiments were started.

The nutrient media to be used in drought stress experiments were prepared by adding PEG 8000 at different concentrations, adjusted to pH 5.8 using 1 N NaOH or 1 N HCl and then sterilized in an autoclave at 121 °C for 15 minutes at a pressure of 1.4 atmospheres. The cultured plants were grown in climate chambers at 23 ± 2 °C under a light intensity of 3000 lux, 16 h light and 8 h dark photoperiod. A total of 80 explants were used in each experiment for each rootstock and all experiments were carried out with 4 replicates and 5 explants.

In order to determine the effects of drought stress on micro-shoots, Cornerstone and GF-677 rootstocks were subjected to artificial drought stress with polyethylene glycol 8000 (PEG-8000) *in vitro*. Drought stress experiments were carried out at 2%, 4% and 6% PEG-8000 concentrations.

A total of 3 *in vitro* experiments were conducted, where each lasted 4 weeks. At the end of the fourth week *in vitro*, the number of shoots formed per explant and the mean shoot lengths of the explants of GF-677 and Cornerstone rootstocks exposed to drought stress were measured with the help of a millimetric ruler. At the end of the stress, the fresh weights of the leaf samples taken from the tissue culture plants were calculated to determine the relative water content, then the leaves were kept in pure water for 4 hours and their turgor weights were measured at the end of this period. The leaf samples whose weights were determined were dried in an oven at 65°C for 48 hours and then their dry weights were calculated. Tissue water content was calculated using the following formula described by Kaya et al (2003).

$$LRWC = (FW - DW) / (TuW - DW) \times 100 \quad (1)$$

LRWC: Leaf Relative Water Content, FW: Fresh Weight, DW: Dry Weight, TuW: Turgor Weight

After 4 weeks of drought stress treatments, the fresh weights of the selected plants were weighed in milligrams using a precision balance and the dry weights of the same samples were determined in mg after drying in a 65°C oven for 48 hours according to Sanchez et al (2004).

Plants exposed to drought stress for 4 weeks by adding different concentrations of PEG 8000 to the culture medium were homogenized using 80% acetone. Subsequently, the concentrations of chlorophyll a and b (measured in mg L⁻¹) were determined through spectrophotometric analysis at wavelengths of 663 nm and 645 nm, respectively, following the procedure outlined by Qados (2011). Additionally, the free proline content was assessed using the method described by Bates et al (1973).

Statistical analysis

The data collected from the experiments were analyzed using analysis of variance (ANOVA) with the JMP Pro 16 statistical software package. Duncan's multiple comparison test was used to determine the statistical significance of the differences between treatments.

Results and Discussion

When the effect of drought stress induced by different concentrations of PEG 8000 added to the medium under *in vitro* conditions on the number of shoots per explant of Cornerstone and GF-677 rootstocks was analyzed, the effect of rootstock factor ($p \leq 0.001$) and PEG 8000 ($p \leq 0.05$) were found

to be significant. However, the effect of (rootstock) x (PEG 8000) interaction was found to be insignificant.

Similarly, when the effect of drought stress induced by different concentrations of PEG 8000 added to the medium under *in vitro* conditions on the shoot length per explant of Cornerstone and GF-677 rootstocks was analyzed, the effect of PEG 8000 was found to be significant ($p \leq 0.005$). However, the effect of rootstock factor and (rootstock) x (PEG 8000) interaction was found to be insignificant ($p = 0$).

It was shown that PEG 8000 concentration (drought stress) and rootstock type (Cornerstone and GF-677) affected the number of shoots and these effects were statistically significant. However, the interaction between rootstock and PEG 8000 (e.g., the combination of a specific rootstock and PEG 8000 concentration) was found to have no significant effect. For shoot length, the effect of PEG 8000 was found to be significant, whereas the effects of rootstock type and the (rootstock) x (PEG 8000) interaction were found to be insignificant.

Table1. Analysis of variance of rootstock, PEG 8000 concentration and (rootstock) x (PEG 8000) concentration interaction on shoot number and shoot length *in vitro*.

	Sources Of Variance	DF	MS	SS	F
Shoot number	Rootstock	1	308.16	308.16	107.18*
	PEG 8000	3	49.83	149.49	5.78**
	Rootstock X PEG 8000	3	13.83	41.49	1.60
Shoot length	Rootstock	1	0.534	0.534	0.347
	PEG 8000	3	17.605	52.81	3.809*
	Rootstock X PEG 8000	3	5.373	16.12	1.162

*,** The difference between mean values is significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.001$ level, respectively

DF: Degree of Freedom MS:Mean Square SS:Sum of Square

The GF-677 had approximately the same and the highest number of shoots between the control group of 0% PEG 8000 and 2% PEG 8000, while a 35% decrease was observed when the PEG 8000 concentration was 6%. This indicates that the capacity of GF-677 rootstock to produce shoots decreased in response to increasing drought stress. In Cornerstone rootstock, the number of shoots showed approximately the same results at 0% PEG 8000, 2% PEG 8000, and 4% PEG 8000 levels, while a 27% decrease was observed at 6% PEG 8000. As the PEG 8000 concentration increased, a decrease in the mean number of shoots was observed. While a significant decline in the number of shoots was observed in GF-677 rootstock with increasing PEG 8000 concentration, this rate was less in Cornerstone rootstock (Figure 1).

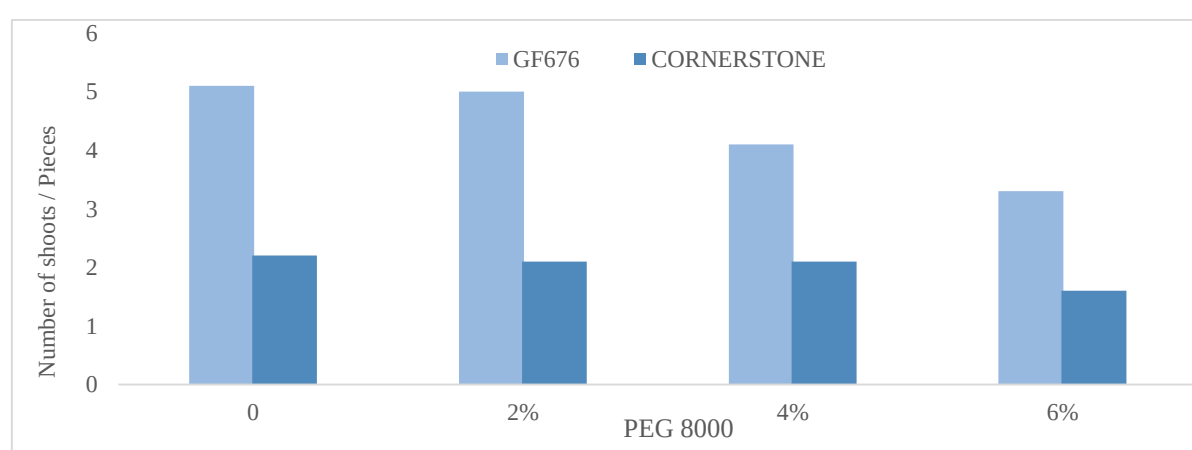


Figure 1. The mean number of shoots per explant in rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

GF-677 rootstock yielded a mean number of 5.1 shoots per explant in the control group, whereas the control group of Cornerstone rootstock produced 2.2 shoots per explant (Figure 1).

Drought, one of the abiotic stress factors, negatively affects plants' growth and development and vegetative growth stage (He et al., 2018). In this study, drought stress negatively affected the

vegetative growth of the plants and reduced the number of shoots. This decrease was more pronounced in GF-677 rootstock (Figure 2; Figure 3; Figure 4; Figure 5).



Figure 2. Comparison of PEG 8000 Control group plants of Cornerstone and GF-677 rootstocks.

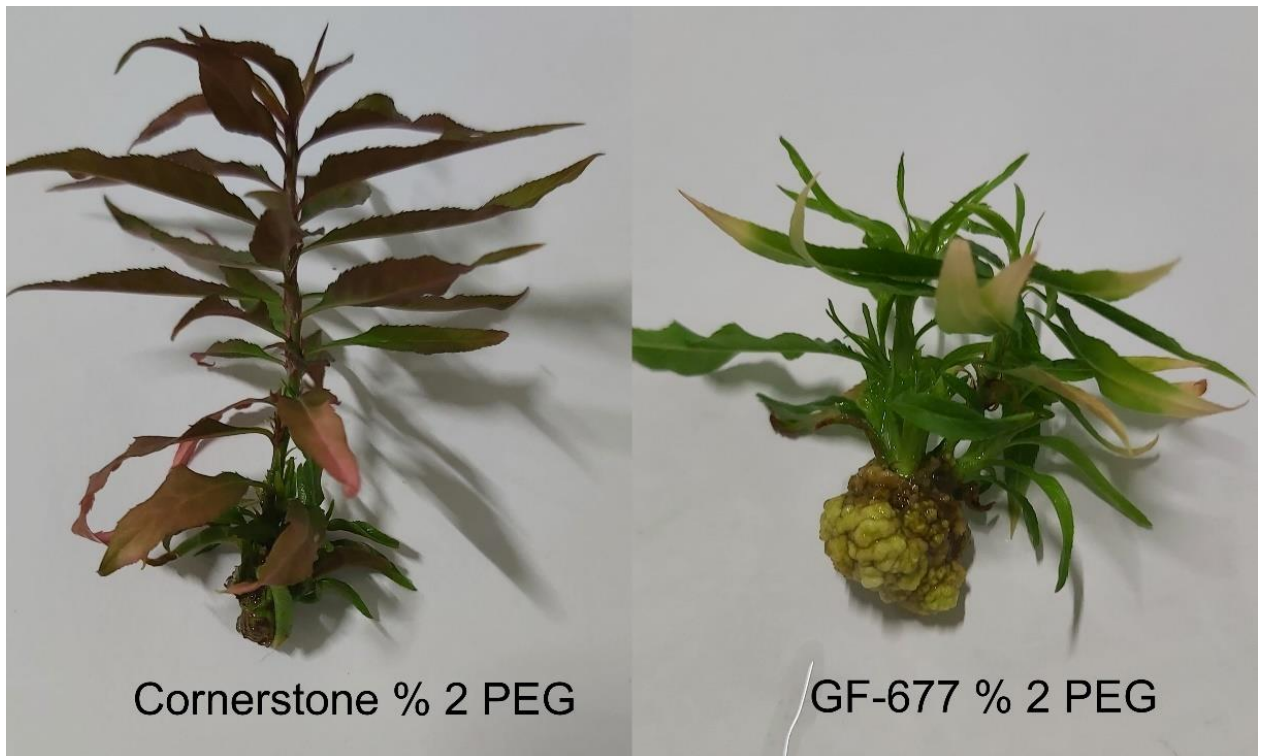


Figure 3. Comparison of PEG 8000 2% group plants of Cornerstone and GF-677 rootstocks.

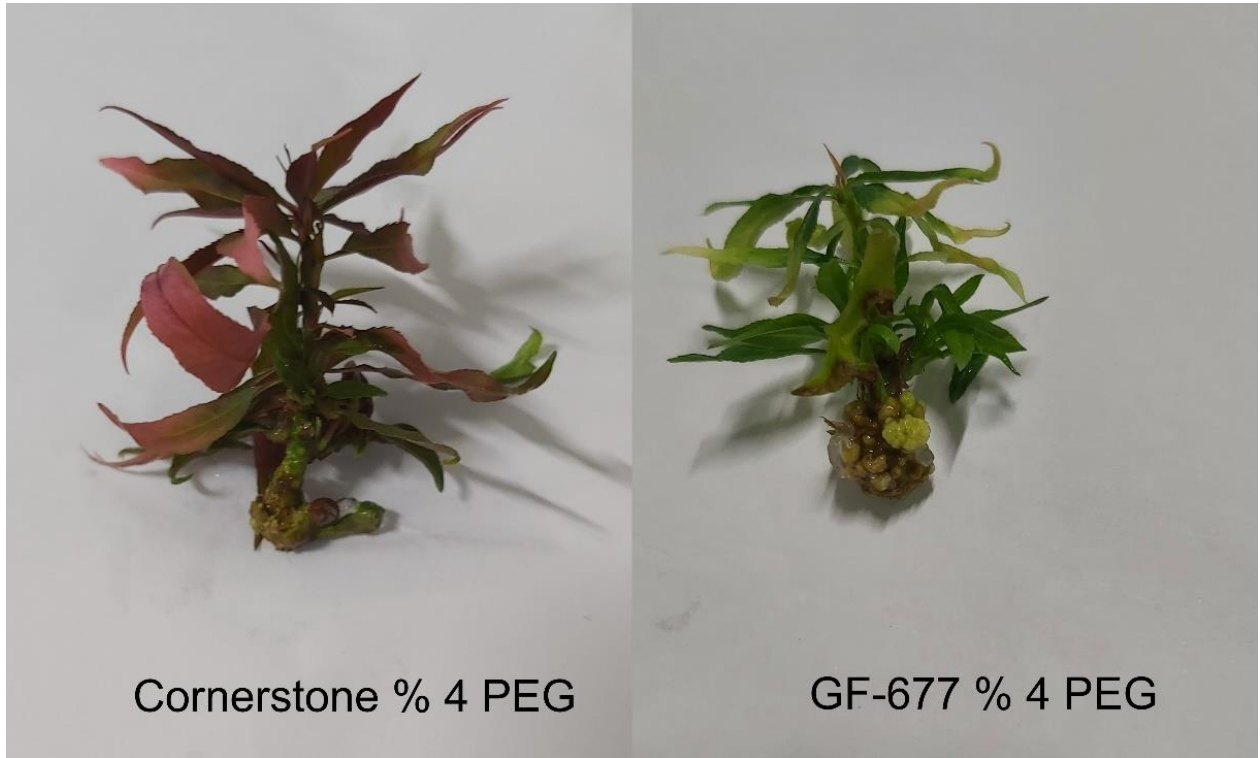


Figure 4. Comparison of PEG 8000 4% group plants of Cornerstone and GF-677 rootstocks.

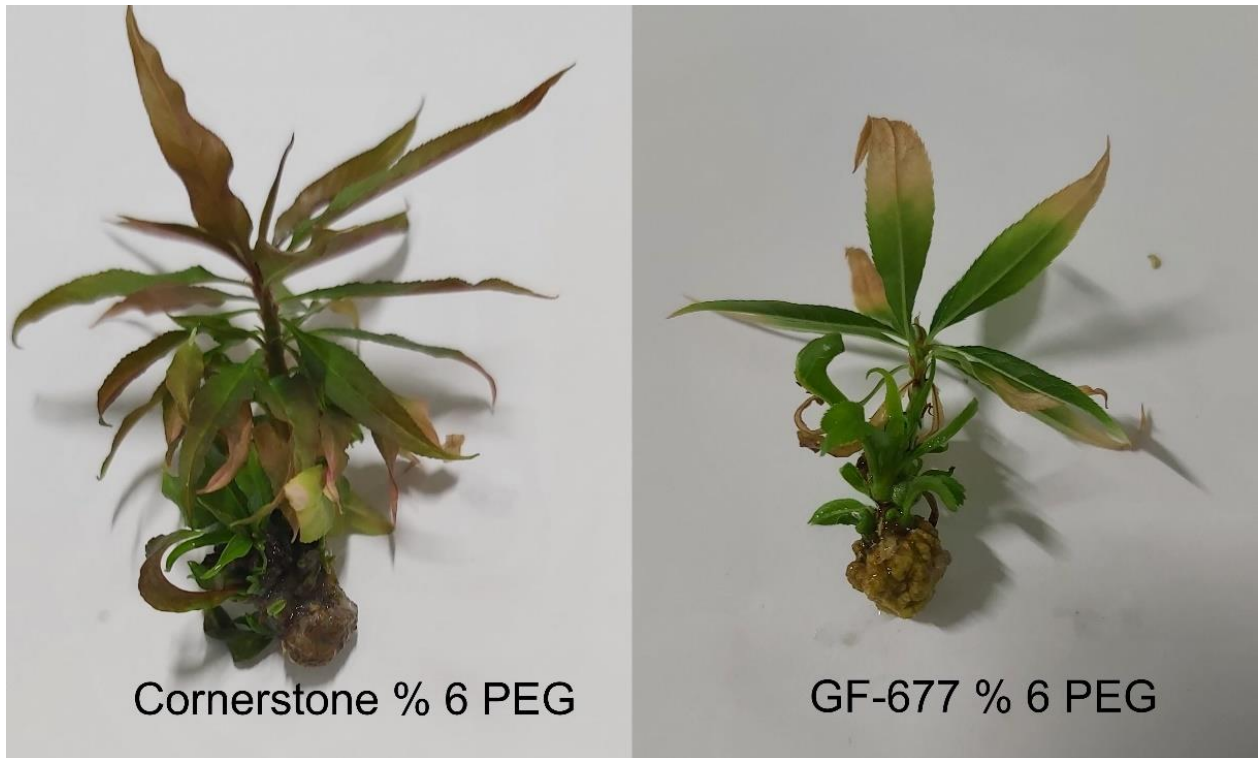


Figure 5. Comparison of PEG 8000 6% group plants of Cornerstone and GF-677 rootstocks.

The effect of PEG 8000 on shoot length was found to be significant. ($p \leq 0.005$). In the rootstock GF-677, a 19% reduction in shoot length was observed between 0% and 2% PEG 8000 concentration. Between 2% and 4% PEG 8000 concentration, the shoot length value was approximately maintained in GF-677 rootstock type. Between 0% and 6% PEG 8000 concentration, a 27% reduction in shoot length was recorded. In Cornerstone rootstock, a 21% reduction in shoot length was observed between 0% and 2% PEG 8000 concentration. In GF-677 rootstock, a 23% decrease occurred from PEG 8000 2% to 4%.

On Cornerstone rootstock, a 64% reduction in shoot length was recorded between 0% and 6% PEG 8000 concentration. Both rootstocks showed a decrease in shoot length as PEG 8000 concentration increased, but Cornerstone rootstock showed a greater decrease than GF-677 at higher PEG 8000 concentrations (Figure 6). GF-677 rootstock showed a 27% reduction in shoot length at 6% PEG 8000 treatment, while Cornerstone showed a 63% reduction (Figure 6). Nevertheless, the interaction effect (rootstock) x (PEG 8000) was not significant (Table 1).

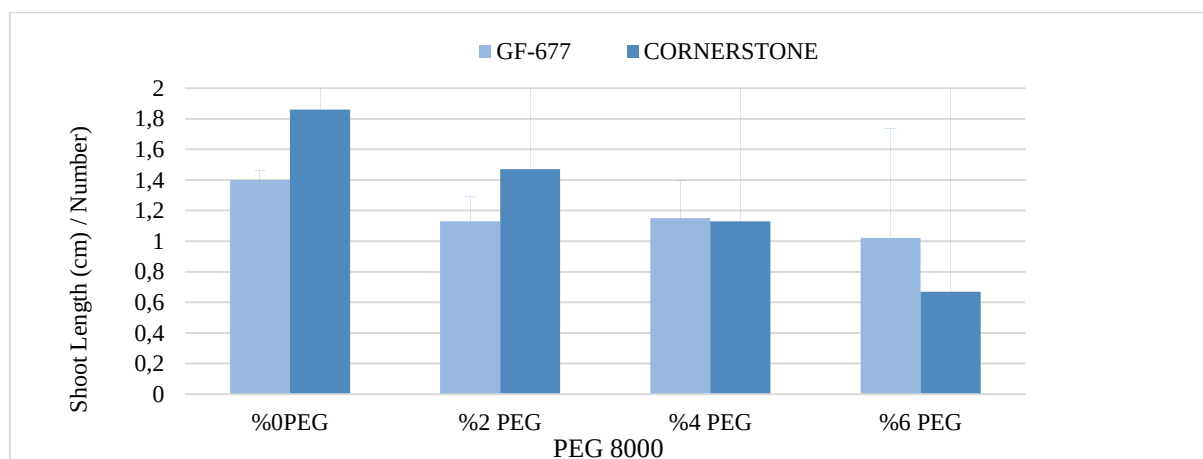


Figure 6. The mean length of shoots per explant in rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

Kuşvuran and Daşgan (2017) noted a decrease in both the number and length of shoots as the severity of drought increased under drought stress conditions induced by a limited irrigation method and determined that it was affected by drought stress in proportion to increasing concentrations of PEG 8000. The damage to plants was also reported to increase with the increase in PEG dose. Govindaraj et al. (2010) reported that osmotic stress induced by PEG decreased cell water potential. Khodarahmpour (2011) reported that osmotic stress induced by PEG resulted in a reduction in shoot length across certain plant species.

Numerous studies have demonstrated that drought stress often leads to a slowdown or reduction in plant length. This effect was reported in different grapevine varieties (Yağmur, 2008; Çakır, 2011; Babalık et al., 2015; Bilir and İlhan, 2022), various almond species and GF-677 rootstock (Karimi et al., 2012), citrus rootstocks (Çerçi, 2012) and Myrobolan 29C and Garnem rootstocks (İpek, 2015). In this study, shoot number and length decreased with increasing drought stress and the results were similar to the results of the previous studies.

When the effect of different concentrations of drought (PEG 8000) stress on the fresh and dry weight of Cornerstone and GF-677 rootstocks under *in vitro* conditions was analyzed, the effect of rootstock, PEG 8000 and (rootstock) x (PEG 8000) interaction was found to be insignificant (Table 2).

Table 2. Analysis of variance of the effect of rootstock, PEG 8000 concentration and (rootstock) x (PEG 8000) concentration interaction on fresh and dry weight *in vitro*.

Sources Of Variance		DF	MS	SS	F
Fresh Weight	Rootstock	1	10.67	10.67	4.25
	PEG 8000	3	17.00	51.00	2.26
	Rootstock X PEG 8000	3	6.64	19.92	0.88
Dry weight	Rootstock	1	0.03	0.03	1.81
	PEG 8000	3	0.11	0.33	2.20
	Rootstock X PEG 8000	3	0.02	0.06	0.45

* The difference between mean values is significant at 0 level in all cases

DF: Degree of Freedom MS:Mean Square SS:Sum of Square

With 2% and 4% PEG 8000 treatments, 41% and 119% increase in wet weight occurred in GF677 rootstock, respectively, while a 22% decrease occurred in 6% PEG 8000 treatment. In Cornerstone rootstock, in all three treatments (2%, 4%, and 6% PEG 8000), the wet weight increased by 68%, 69%, and 24% in PEG 8000 treatments compared to control plants (Figure 7).

In both rootstocks, an increase in dry weight was observed in 2% and 4% PEG 8000 treatments (Figure 8). This increase was determined as 12.5% in 2% PEG 8000 treatment in GF 677 rootstock and 62.5% in 4% PEG 8000 treatment. The 6% dose of PEG 8000 treatment resulted in a 25% decrease in the dry weight of GF 677 rootstock. Increasing doses of PEG 8000 at 2% and 4% caused a 20% and 40% increase in dry weight of Cornerstone rootstock, respectively. However, when the rate of PEG 8000 was increased from 4% to 6%, the dry weight value of Cornerstone rootstock was determined to be the same as the dry weight value of control plants (Figure 8.). When evaluating the dry weight parameter, Cornerstone rootstocks were less affected by drought stress compared to GF-677 rootstock. Under stress conditions, the increase in both wet and dry weight of Cornerstone rootstock was comparatively limited, with no observed decrease. This indicates that Cornerstone rootstock experienced minimal changes under stress conditions.

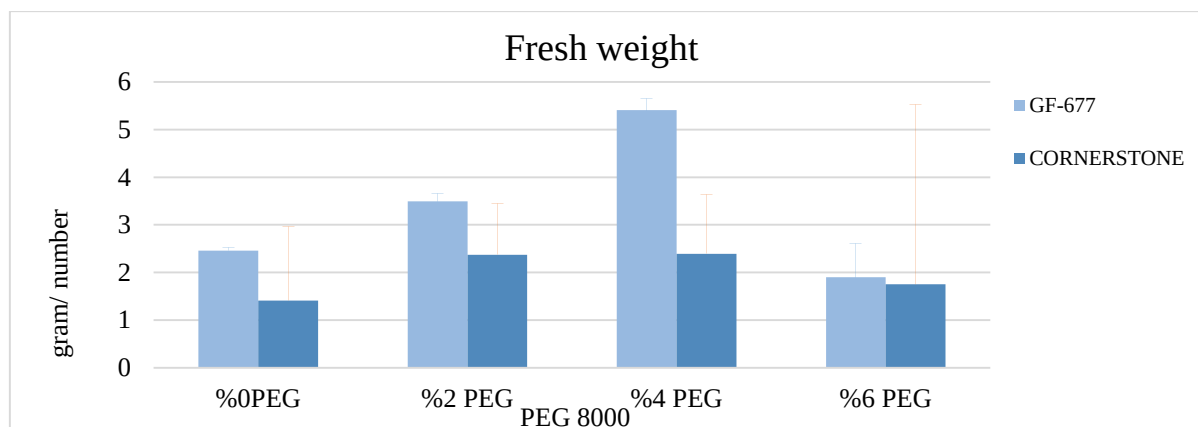


Figure 7. Mean wet weight of rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

In citrus fruits, grapevine rootstocks, Myrobalan 29C, and Garnem rootstock, the fresh and dry weights were found to decrease with increasing PEG treatment doses (Simşek et al., 2018; Babalık et al., 2015; Ipek, 2015; Mese and Tangolar, 2019).

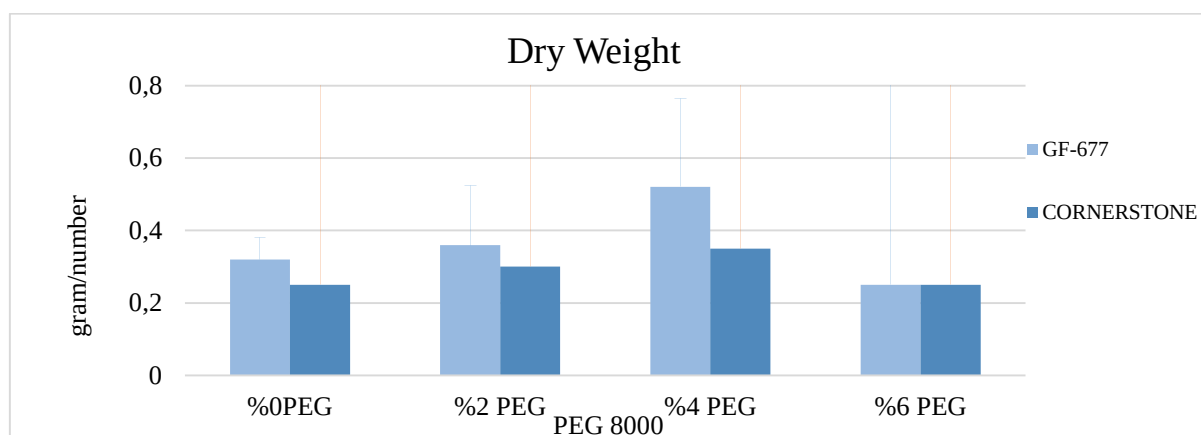


Figure 8. Mean dry weight of rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

When the effect of different concentrations of drought stress (PEG 8000) on the chlorophyll amount of Cornerstone and GF-677 rootstocks *in vitro*, the effect of PEG 8000 was found to be significant ($p \leq 0.05$), but the effect of rootstock and (rootstock) x (PEG 8000) interaction was found to be insignificant (Table 3).

Table 3. Analysis of variance of the effect of rootstock, PEG 8000 concentration and (rootstock) x (PEG 8000) concentration interaction on chlorophyll amount *in vitro*.

Sources Of Variance	DF	MS	SS	F
Rootstock	1	1.23	1.23	0.7915
PEG 8000	3	14.95	44.95	3.2157*
Rootstock X PEG 8000	3	2.43	7.29	0.5233

* The difference between mean values is significant at $p \leq 0.05$ level

DF: Degree of Freedom MS:Mean Square SS:Sum of Square

In both rootstocks, chlorophyll a and b values were highest in the control group (0% PEG 8000), while a decrease was observed at 2%, 4% and 6% PEG 8000 concentrations. As the level of PEG 8000 increased in GF-677 rootstock, indicating more severe drought conditions, there was a decrease in both chlorophyll a and chlorophyll b amounts (Figure 9 and Figure 10). In such cases, the photosynthetic activity of the plant is expected to decrease.

A similar situation was observed for Cornerstone rootstock. However, the decrease in chlorophyll a and b levels was less when compared with GF-677 rootstock plants of the same treatment. This suggests that the decrease in photosynthetic activity in Cornerstone rootstock caused by drought stress was more limited. It was determined that Cornerstone rootstock was less affected by drought stress.

Metabolic disorders caused by drought stress may also lead to impaired chlorophyll synthesis. Reduced chlorophyll amount is a common symptom of altered plant morphology under drought stress (Mishra and Singh, 2011; Arbona et al., 2013). It was noted that the chlorophyll amount decreased with the increase in PEG concentration in grapevine (Mese and Tangolar, 2019; Bilir and Ilhan, 2022).

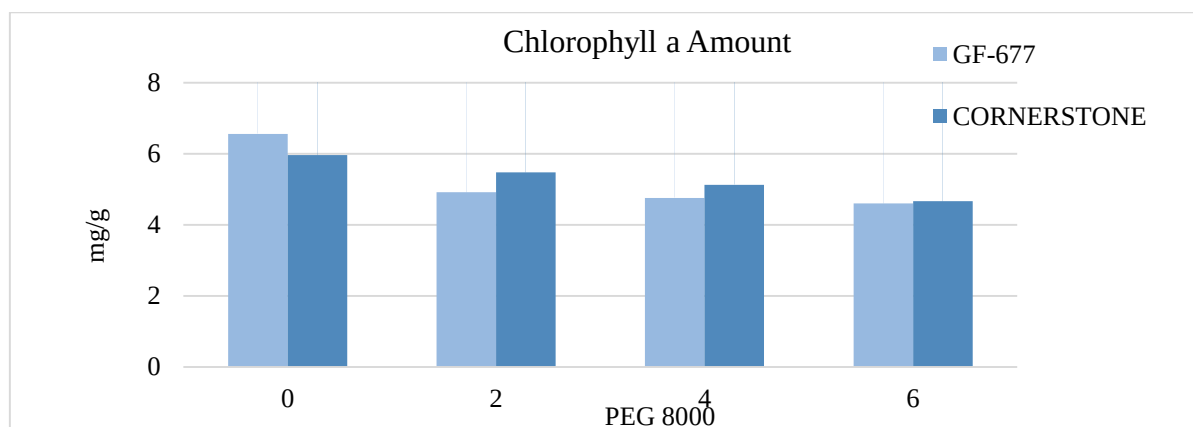


Figure 9. Chlorophyll a amount in rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

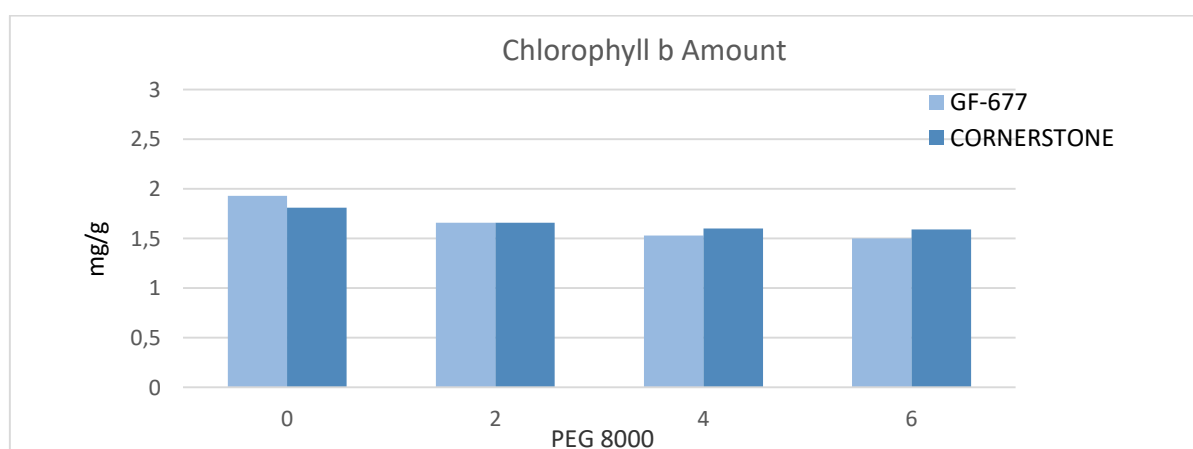


Figure 10. Chlorophyll B amount in rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*.

When drought and salt stress intensify, the enzymes required for chlorophyll synthesis cannot function and this leads to the inability of chlorophyll biosynthesis, the lack of chlorophyll to provide the

necessary light energy for photosynthesis and the decrease in photosynthesis rate (Al Absi, 2005; Bertamini et al., 2006; Dajic, 2006).

In a study, it was noted that chlorophyll amount decreased with increasing PEG doses. However, plants in the 2% and 4% PEG groups showed similar chlorophyll amounts, belonging to the same statistical group in terms of this feature (Bilir and İlhan, 2022).

When the effect of different concentrations of drought stress (PEG 8000) on % Leaf Relative Water Content (%LRWC) and Proline of Cornerstone and GF-677 rootstock under *in vitro* conditions was analyzed, the effect of rootstock, PEG 8000 and (rootstock) X (PEG 8000) interaction was found insignificant in terms of LRWC. (0) (Table 4). However, the effect of rootstock and polyethylene glycol (PEG 8000) ($p \leq 0.001$) and the effect of (rootstock) X (PEG 8000) interaction was found to be significant ($p \leq 0.005$) (Table 4).

Table 4. Analysis of variance of rootstock, PEG 8000 concentration and (rootstock) x (PEG 8000) concentration interaction on %LRWC and Proline *in vitro*.

	Sources Of Variance	DF	MS	SS	F
% LRWC	Rootstock	1	2.30	2.30	0.01
	PEG 8000	3	142.78	428.34	0.29
	Rootstock X PEG 8000	3	198.68	596.04	0.40
	Rootstock	1	319.06	319.06	127.224*
Proline	PEG 8000	3	131.65	394.95	17.498*
	Rootstock X PEG 8000	3	53.72	161.16	7.140**

*,** The difference between mean values is significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.001$ level, respectively

For GF-677 rootstock, PEG 8000 drought stress treatments applied at different amounts in the medium did not significantly affect the leaf relative water content of the plants and the leaf relative water content of the treated plants and control plants were similar. When the concentration of PEG 8000 was raised to 4% and 6%, the leaf relative water content of plants in these treatments closely resembled that of the control plants (Figure 11).

The findings suggested that at low PEG 8000 concentrations, Cornerstone rootstock exhibited improved water retention by increasing LRWC. However, its water retention capacity declined as the concentration of PEG 8000 increased. In contrast, GF-677 demonstrated a more balanced response in terms of LRWC (Figure 11).

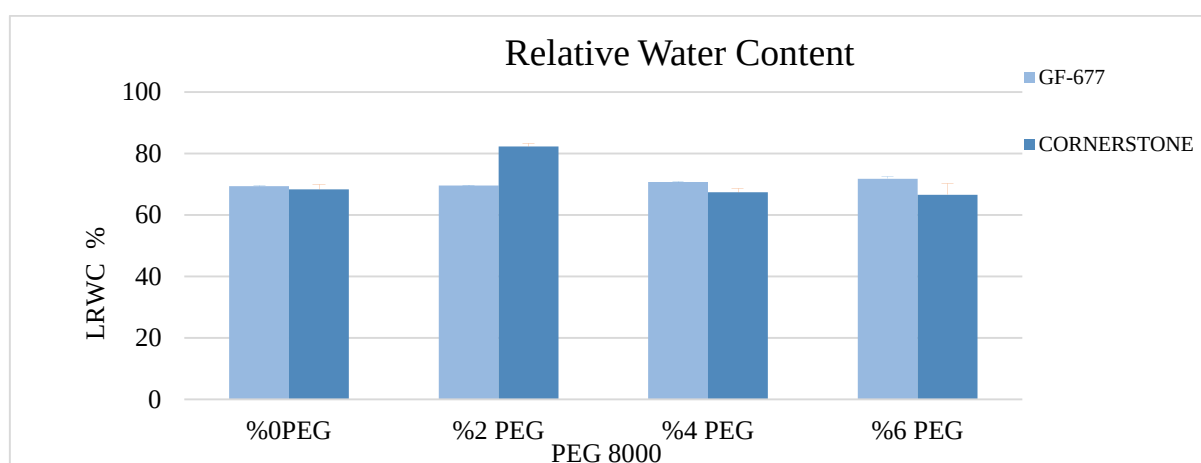


Figure 11. Relative Water Content of rootstocks at different PEG 8000 concentrations *in vitro*

Drought conditions are known to reduce the processes of division and growth in plant cells. This results in a reduction in the growth rate of plants, accompanied by decreases in the relative moisture content of leaves and leaf water potential (Lawlor and Cornic, 2002; Capell et al., 2004; Cakmakci, 2009).

The proline levels of GF-677 and Cornerstone rootstock showed differences along with the increased amount of PEG. In GF-677 rootstock, the proline level of control plants was measured at 1.33 $\mu\text{mol/g}$. Under drought stress treatments (2%, 4%, and 6% PEG 8000), proline amounts were determined

as 1.62 $\mu\text{mol/g}$, 2.17 $\mu\text{mol/g}$, and 3.81 $\mu\text{mol/g}$, respectively. In Cornerstone rootstock, the proline level of control plants was measured at 5.39 $\mu\text{mol/g}$. Under drought stress treatments (2%, 4%, and 6% PEG 8000), proline amounts were determined as 6.66 $\mu\text{mol/g}$, 12.31 $\mu\text{mol/g}$, and 14.21 $\mu\text{mol/g}$, respectively (Figure 12). Proline concentration was found to increase significantly in plants under drought stress (Choudhary et al., 2005; Mohammadkhani and Heidari, 2008; Ghorbanli et al., 2012; Bohalima, 2017; Buhroy et al., 2017; Celik et al., 2017; Hunt et al., 2017; Aghaie et al., 2018; Nahar and Ullah, 2018; Noori et al., 2018; Wang et al., 2018; Akgul, 2019).

Ben Ahmed et al. (2008) pointed out that the amount of proline accumulated in plants under stress conditions shows differences according to species. Drought resistance of different cultivars of the same species varies, and accordingly, the amount of proline they contain may be different (Arji and Arzani, 2000).

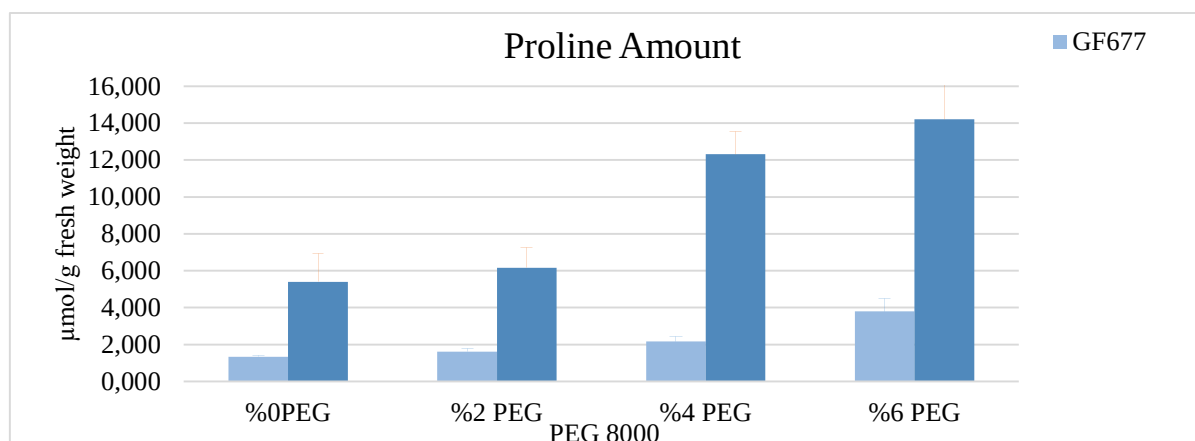


Figure 12. Amount of proline produced in rootstocks *in vitro* at different PEG 8000 concentrations ($\mu\text{mol/g}$ fresh weight).

Proline levels vary widely among different rootstocks and cultivars (Jiménez et al., 2013). Cornerstone showed much higher proline levels than GF-677 rootstock at certain PEG 8000 concentrations. This suggests that Cornerstone rootstock may show better resilience to drought conditions and could serve as a more tolerant rootstock under water-limited conditions (Figure 12). The accumulation of proline in plants under stress conditions can vary significantly from species to species, and in certain cases, it can be up to 100-fold higher than in control plants (Hunt et al., 2017). In this study, an increase in proline levels was observed in both rootstocks under drought stress treatments. However, the proline amounts of Cornerstone rootstock, including control plants, were determined to be higher. Research indicates that stress-tolerant plant species typically show higher proline concentrations than species sensitive to stress conditions (Saed-Moucheshi et al., 2013). In this study, the initial proline levels in the Cornerstone rootstock were higher compared to those in GF-677. Furthermore, under artificial drought conditions induced by increasing PEG 8000 concentrations, proline levels increased significantly. A notable difference in proline levels was observed between the GF-677 and Cornerstone rootstocks.

Conclusion

Differences in the adaptability to drought conditions were observed between GF-677 and Cornerstone rootstocks. The GF-677 showed adaptation ability with an increase in shoot wet and dry weight and shoot number at low and medium PEG 8000 concentrations. Conversely, Cornerstone rootstock initially displayed a lower shoot number but demonstrated superior protection in terms of LRWC and chlorophyll levels as water stress intensified. The low number of shoots, reduction in shoot length with stress conditions, controlled increase in wet and dry weight, and the same dry weight as the control plants in the highest drought stress treatment, high proline amount and no high decrease in chlorophyll amount indicate that Cornerstone is a resistant rootstock under stress conditions. This indicates that Cornerstone may better adapt to drought stress under certain conditions than GF-677. However, both rootstocks experienced similar difficulties at high levels of drought stress and showed adaptation to drought stress through an increase in proline levels. Our results indicate that the

Cornerstone and the GF-677 rootstock, showed drought tolerance, with both rootstocks demonstrating varying levels of resistance under diverse conditions. Based on the findings of the study, it is recommended that Cornerstone rootstock, as a new one in Türkiye, be considered for cultivation in peach, nectarine, almond, and apricot, especially under drought conditions.

Acknowledgments

This article contains the results and findings of Ege University Faculty of Agriculture Master's thesis titled 'Investigation of Drought Stress Tolerance of Cornerstone and GF-677 Rootstocks under *In vitro* Conditions'. We would like to thank Parlar Fidancılık and Bademli Biotechnology Industry and Trade Limited Companies for their contributions.

Researchers' Contribution Rate Declaration Summary

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Conflict of Interest Declaration

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

References

- Aghaie, P., Tafreshi, S. A. H., Ebrahimi, M. A., Haerinasab, M., 2018. Tolerance evaluation and clustering of fourteen tomato cultivars grown under mild and severe drought conditions. *Scientia Horticulturae*. 232: 1–12.
- Ahmed, C. B., Rouina, B. B., Boukhris, M., 2008. Changes in water relations, photosynthetic activity and proline accumulation in one-year-old olive trees (*Olea europaea* L. cv. Chemlali) in response to NaCl salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*. 30: 553–560.
- Akgül, G., 2019. Biber fidelerinde kuraklık ve tuz stresinin bitki gelişimi, besin maddesi içeriği, bazı biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Al Absi, K. M., 2005. Response of grapevine to irrigation with multicomponent electrolyte solutions in presence of chloride salinity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 8(2): 318–325.
- Arbona, V., Manzi, M., de Ollas, C., Gómez-Cadenas, A., 2013. Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(3): 4885–4911.
- Arismendi, M. J., Almada, R., Pimentel, P., Bastias, A., Salvatierra, A., Rojas, P., Sagredo, B., 2015. Transcriptome sequencing of *Prunus* sp. rootstocks roots to identify candidate genes involved in the response to root hypoxia. *Tree Genetics and Genomes*. 11: 1–16.
- Arji, A., Arzani, K., 2000. Growth response and proline accumulation in three varieties of Iranian olive to drought stress. *Journal of Agricultural Sciences*. 10: 91–100.
- Babalık, Z., Türk, F. H., Baydar, N. G., 2015. In vitro koşullarda su stresi altındaki Kober 5 BB asma anacında bazı fiziksel ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(Türkiye 8. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu Özel Sayısı), 552–561.
- Barzegar, K., Yadollahi, A., Imani, A., Ahmadi, N., 2012. Influences of severe water stress on photosynthesis, water use efficiency and proline content of almond cultivars. *Journal of Applied Horticulture*. 14(1): 33–39.
- Bates, L. S., Waldren, R. A., Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205–207.
- Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K., Nedunchezian, N., 2007. Low night temperature effects on photosynthetic performance on two grapevine genotypes. *Biologia Plantarum*. 51: 381–385.
- Bielsa, B., Hewitt, S., Reyes-Chin-Wo, S., Dhingra, A., Rubio-Cabetas, M. J., 2018. Identification of water use efficiency related genes in 'Garnem' almond-peach rootstock using time-course transcriptome analysis. *PLoS ONE*. 13(10): e0205493.
- Bilir, H., İlhan, M., 2022. Kokulu üzümün (*Vitis labrusca* L.) kuraklık stresine toleransının PEG uygulamasıyla in vivo koşullarda belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*. 11(2): 199–206.
- Bohalima, A. A. O., 2017. Tuz ve kuraklık stresinin domates gelişimi üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye.
- Bolat, D. İ., İkinci, D., 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı. I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi (8–10 Mart 2019, Şanlıurfa, Türkiye).
- Buhroy, S., Arumugam, T., Manivannan, N., Vethamani, P. I., Jeyakumar, P., 2017. Correlation and path analysis of drought tolerance traits on fruit yield in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under drought stress condition. *Chemical Science Review and Letters*. 6(23): 1670–1676.
- Burchell Nursery Inc., 2024. Cornerstone rootstock. <https://www.burchellnursery.com/s/cornerstone-Flyer.pdf> (20 Haziran 2024)

- Çakır, A., 2011. Bağcılıkta abiyotik stres koşullarına yönelik melezlemelerden kuraklık ve tuz stresine toleranslı ümitvar tiplerin elde edilmesi (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Çakmakçı, R., 2009. Stres koşullarında ACC deaminaz üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 40(1): 109–125.
- Capell, T., Bassie, L., Christou, P., 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. Proceedings of the National Academy of Sciences. 101(26): 9909–9914.
- Carvalho, M., Matos, M., Castro, I., Monteiro, E., Rosa, E., Lino-Neto, T., Carnide, V., 2019. Screening of worldwide cowpea collection to drought tolerant at a germination stage. Scientia Horticulturae. 247: 107–115.
- Çelik, Ö., Ayan, A., Atak, Ç., 2017. Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress. Botanical Studies. 58: 1–13.
- Choudhary, N. L., Sairam, R. K., Tyagi, A., 2005. Expression of delta1-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene during drought in rice (*Oryza sativa* L.). Indian Journal of Biochemistry and Biophysics. 42: 366–370.
- Dajic, Z. 2006. Salt stress. In K. V. Madhava Rao, A. S. Raghavendra, K. Janardhan Reddy (Eds.), Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants (pp. 41–99). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4225-6>
- Dolaş, M., Kılıç, S., 2008. Küresel ısınma ve GAP. Sulama Tuzlanma Konferansı, 169–176.
- Dutra de Souza, J., de Andrade Silva, E. M., Coelho Filho, M. A., Morillon, R., Bonatto, D., Micheli, F., da Silva Gesteira, A., 2017. Different adaptation strategies of two citrus scion/rootstock combinations in response to drought stress. PLoS ONE. 12(5): e0177993.
- Esan, V. I., Ayanbamiji, T. A., Adeyemo, J. O., Oluwafemi, S., 2018. Effect of drought on seed germination and early seedling of tomato genotypes using polyethylene glycol 6000. International Journal of Sciences. 7(2): 36–43.
- Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., Allahverdi, M. B., 2013. Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. Iranian Journal of Plant Physiology. 3(2): 651–658.
- Govindaraj, M., Shanmugasundaram, P., Sumathi, P., Muthiah, A. R., 2010. Simple, rapid and cost effective screening method for drought resistant breeding in pearl millet. Electronic Journal of Plant Breeding. 1(4): 590–599.
- Gür, İ., 2018. Su stresi uygulamalarının bazı armut anaçlarında morfolojik ve biyokimyasal değişimlere etkisi (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Hamayat, N., Hafiz, I. A., Ahmad, T., Ali, I., Qureshi, A. A., 2020. Biochemical and physiological responses of peach rootstocks against drought stress. Journal of Pure and Applied Agriculture. 5(1): 82–89.
- He, M., He, C. Q., Ding, N. Z., 2018. Abiotic stresses: General defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. Frontiers in Plant Science. 9: 1771.
- Hunt, L., Amsbury, S., Baillie, A. L., Movahedi, M., Mitchell, A., Afsharinafar, M., Swarup, K., Denyer, T., Hobbs, J. K., Swarup, R., Fleming, A. J., Gray, J. E., 2017. Formation of the stomatal outer cuticular ledge requires a guard cell wall proline-rich protein. Plant Physiology. 42: 715–729.
- İpek, M., 2015. In vitro şartlarda Garnem ve Myrobolan 29C anaçlarının kurak stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Jiménez Tarodo, S., Dridi, J., Gutiérrez del Pozo, D., Moret-Fernández, D., Irigoyen, J. J., Moreno Sánchez, M. Á., Gogorcena Aoiz, Y., 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. Tree physiology. 33(10): 1061–1075.
- Karimi, S., Yadollahi, A., Nazari-Moghadam, R., Imani, A., Arzani, K., 2012. In vitro screening of almond (*Prunus dulcis* (Mill.)) genotypes for drought tolerance. Journal of Biological and Environmental Sciences. 6(18): 263–270.
- Kaya, C., Ak, B. E., Higgs, D., 2003. Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. Journal of Plant Nutrition. 26(3): 543–560.
- Khodarahmpour, Z., 2011. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. African Journal of Biotechnology. 10(79): 18222–18227.
- Küden, A. B., Küden, A., Bayazit, S., Çömlekçioğlu, S., İmrak, B., Rehber Dikkaya, Y. 2000. Badem yetiştiriciliği. Ankara: TÜBİTAK-TARP Yayınları.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., 2017a. Effects of drought stress on physiological and biochemical changes in *Phaseolus vulgaris* L. Legume Research. 40(1): 55–62.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., 2017b. Drought induced physiological and biochemical responses in *Solanum lycopersicum* genotypes differing tolerance. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 16(6): 19–27.

- Lawlor, D. W., Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell & Environment*. 25(2): 275–294.
- Manoj, K., Uday, D., 2007. In vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *African Journal of Biotechnology*. 6(6).
- Meşe, N., Tangolar, S., 2019. Bazı Amerikan asma anaçlarının kurağa dayanımının in vitro’da polietilen glikol kullanılarak belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 29(3): 466–475.
- Mishra, A. K., Singh, V. P., 2011. Drought modeling—A review. *Journal of Hydrology*. 403(1–2): 157–175.
- Mohammadkhani, N., Heidari, R., 2008. Water stress induced by polyethylene glycol 6000 and sodium. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2(1): 92–97.
- Moustakas, M., Sperdouli, I., Kouna, T., Antonopoulou, C. I., Therios, I., 2011. Exogenous proline induces soluble sugar accumulation and alleviates drought stress effects on photosystem II functioning of *Arabidopsis thaliana* leaves. *Plant Growth Regulation*. 65: 315–325.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15(3): 473–497.
- Nahar, K., Ullah, S., 2018. Drought stress effects on plant water relations, growth, fruit quality and osmotic adjustment of tomato (*Solanum lycopersicum*) under subtropical condition. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*. 1(2): 1–14.
- Noori, M., Azar, A. M., Saidi, M., Panahandeh, J., Haghi, D. Z., 2018. Evaluation of water deficiency impacts on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation in some tomato (*Solanum lycopersicum* L.) lines. *Indian Journal of Agricultural Research*. 52(3): 228–235.
- O’Connell, M., Stefanelli, D., 2018. Effects of rootstock and crop load management on yield and fruit quality of early-season nectarine ‘Rose Bright’ and late-season peach ‘September Sun’. In XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Cultivars, Rootstocks and Management Systems, 1281, 121–130.
- Osmolovskaya, N., Shumilina, J., Kim, A., Didio, A., Grishina, T., Bilova, T., ... Wessjohann, L. A., 2018. Methodology of drought stress research: Experimental setup and physiological characterization. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(12): 4089.
- Qados, A. M. A., 2011. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 10(1): 7–15.
- Saed-Moucheshi, A., Heidari, B., Zarei, M., Emam, Y., Pessarakli, M., 2013. Changes in antioxidant enzymes activity and physiological traits of wheat cultivars in response to arbuscular mycorrhizal symbiosis in different water regimes. *Iran Agricultural Research*. 31(2): 35–50.
- Sanchez, F. J., De Andres, E. F., Tenorio, J. L., Ayerbe, L., 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research*. 86(1): 81–90.
- Sandhu, D., Kaundal, A., Acharya, B. R., Forest, T., Pudussery, M. V., Liu, X., Suarez, D. L., 2020. Linking diverse salinity responses of 14 almond rootstocks with physiological, biochemical, and genetic determinants. *Scientific Reports*. 10(1): 21087.
- Sharma, M. K., Joolka, N. K., 2004. Screening of almond rootstocks for drought tolerance. *Horticultural Journal*. 17(3): 191–197.
- Şimşek, Ö., Dönmez, D., Kaçar, Y., 2018. Bazı turuncgil anaçlarının in vitro kuraklık stresi koşullarında performanslarının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 28(3): 305–310.
- Sivritepe, N., Ertürk, U., Yerlikaya, C., Turkan, I., Bor, M., Özdemir, F., 2008. Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*. 52: 573–576.
- Slaughter, J. K., Gerdt, T. J., 2010. Prunus rootstock Cornerstone plant patent [Patent]. United States Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/USPP21248P2/en> (21 Ocak 2024)
- Stylianides, D. C., Tsipourides, C. G., Michailides, Z. S., 1988. Resistance to iron deficiency of five peach rootstocks. In II International Peach Symposium. 254: 185–188.
- Wang, C., Zhou, L., Zhang, G., Xu, Y., Gao, X., Jiang, N., Shao, M., 2018. Effects of drought stress simulated by polyethylene glycol on seed germination, root and seedling growth, and seedling antioxidant characteristics in Job’s tears. *Agricultural Sciences*. 9(8): 991–1006.
- Webster, A. D., 2002. Current approved thinning strategies for apples and pears and recent thinning research trials in Europe. *The compact fruit tree*. 35(3): 73–76
- Yağmur, Y., 2008. Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.



Research Article

Investigation of Material Hardness Values of Active Elements of Some Domestic Production Tillage Equipment and Agricultural Machinery

Yaşar Serhat Saygılı¹  İkbâl Aygün^{2*}  Erkan Urkan²  Bülent Çakmak² 

¹Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department, İzmir, Türkiye

²Ege University Faculty of Agriculture Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department, İzmir, Türkiye

*Corresponding author: ikbal.aygun@ege.edu.tr

Received Date:30.01.2025

Accepted Date: 09.05.2025

Abstract

It is estimated that the world population will be ten billion in 2050, and Türkiye's population will be 105 million. In order to supply the nutritional needs of the increasing population, new techniques, machine usage/mechanization and technologies are needed in agricultural production. In order for plant production to be conducted at the desired efficiency, the usage of machinery is one of top priority, and the first and most intensive stage is tillage. As a result of the contact and interaction with the soil of the machines used in tillage, some negative situations such as abrasion occur. In order to reduce wear as much as possible, value-added processes are applied to the tillage active elements. The most basic process is to provide the hardness values at the technically desired level by applying regional or general heat treatment to the active elements. The hardness limits of the machines are specified in the Agricultural Machinery and Tractors Test Principles. In this study, the hardness values obtained as a result of the static hardness test conducted in accordance with the standards on 469 active elements belonging to different types of tillage machines were evaluated. The hardness values of the tillage elements of these machines, such as shares, discs, teeth and blades, were examined and the average hardness and standard deviation values were calculated. According to the results, shares of the mouldboard plows (50.7 ± 3.2 HR-C), discs of disc plows (48.5 ± 2.1 HR-C), discs of disc harrows (47.8 ± 2.4 HR-C) and teeth of toothed harrows (47.78 ± 2.4 HR-C) are within the limits specified in the principles. The cultivator shares (41.2 ± 6.0 HR-C), subsoiler shares (42.3 ± 3.8 HR-C) and rotary tiller blades (43.8 ± 2.8 HR-C) values are below the limits specified in the principles.

Keywords: Wear, Heat treatment, Cultivator, Plow, Share.

Yerli Üretim Bazı Toprak İşleme Alet ve Makinalarının Aktif Elemanlarından Malzeme Sertlik Değerlerini İncelenmesi

Öz

Dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyar, Türkiye'nin nüfusu ise 105 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için tarımsal üretimde yeni teknikler, makina kullanımı/makinalaşma ve gelişmiş teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkisel üretimin istenen etkinlikte yapılabilmesi için makine kullanımı en öncelikli konulardan biri olup birinci ve en yoğun aşaması toprak işlemedir. Toprak işlemede kullanılan makinaların toprakla teması ve etkileşimi sonucunda aşınma gibi bazı olumsuz durumlar oluşmaktadır. Aşınmanın olabildiğince azaltılması için toprak işleyici aktif elemanlara katma değer oluşturan işlemler uygulanmaktadır. En temel işlem ise aktif elemanlara bölgesel veya genel ısıtma işlemi uygulanarak sertlik değerlerinin teknik olarak istenen düzeyde sağlanmasıdır. Tarım Makinaları ve Traktörler Deney İlkelerinde tarım makinalarının aktif elemanlarına ait sertlik değer ve sınırları belirtilmiştir. Bu çalışmada farklı tipteki toprak işleme makinasına ait 469 adet aktif eleman üzerinde standartlara uygun olarak yapılan statik sertlik deneyi sonunda elde edilen sertlik değerleri değerlendirilmiştir. Tarım makinalarına ait uç demiri, disk, diş ve bıçak vb. aktif elemanlarından elde edilen ortalama sertlik değerleri ile standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bulgulara göre, kulaklı pulluk uç demiri (50.7 ± 3.2 RSD-C), diskli pulluk diskleri (48.5 ± 2.1 RSD-C) ve diskli tırmık diskleri (47.8 ± 2.4 RSD-C) ile dişli tırmık dişleri (47.8 ± 2.4 RSD-C) ilkelerde belirtilen sınırlar içerisinde. Kültivatör uç demiri (41.2 ± 6.0 RSD-C), dipkazan uç demiri (42.3 ± 3.8 RSD-C) ve toprak freze bıçağı (43.8 ± 2.8 RSD-C) değerleri ile belirtilen sınırların altında kalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aşınma, Isıl işlem, Kültivatör, Pulluk, Uç demiri.

Introduction

Nutrition is the most basic need for moving creatures. Since their existence, humans have supplied their nutritional needs through hunter-gatherer and sedentary lifestyles. Agricultural activities accelerated the transition to settled life and allowed the storage of surplus products. The stored surplus food allowed people to engage in jobs other than food production and paved the way for the development of technology. Various methods have been developed and applied in order to obtain more efficient and quality products than in the current situation (Akin and Esgici, 2015; Ünal et al., 2007). One of the techniques applied since the beginning of agriculture is soil cultivation (Derpsch et al., 2024). With tillage, it is carried out to obtain the soil structure and a good seed bed preparation needed for the development of the seed, to ensure weed and pest control, to regulate the infiltration rate of the soil and to improve the water retention capacity, and to mix nutrients such as fertilizers with the soil (Keçecioglu and Gülsoylu, 2002).

Tillage dates back to the beginning of agricultural activities. In the "Fertile Crescent" region, which is one of the first areas where agriculture emerged, animal bones, various stones and sticks were used as soil cultivation tools. The use of metal as a soil tillage tool is seen in the first half of the 19th century (Yazıcı, 2021). As a result of the Industrial Revolution, the change in production methods and the increase in the number of products have led to an increase in the use of metal in agricultural activities as well as in other sectors (Khan et al., 2024). The fact that the soil tillers are made of metal has extended the service life of the machine (Lüle and Koç, 2022).

The interaction with the corrosive substances in the soil has caused material loss in the metals. Material loss as a result of tillage has been reported as 150 g/ha annually (Bayhan, 2006; Önal et al., 1994). Various methods have been applied to reduce the wear (Cengiz and Arın, 2005; Çakmak, 1999; Güleç and Altuntaş, 2013; Lüle and Koç, 2022). It has been reported that the main method applied is to increase the wear resistance of the metal (Malvajerdi, 2023). Wear resistance improvement methods seen in the existing literature; alloying with wear-resistant metals, hardening by heat treatment and coating on the metal surface (Güleç and Altuntaş, 2013; Kvon et al., 2021; Bayhan, 2006; Natsis et al., 2008; Bedolla et al., 2018; Hayat and Uzun, 2011; Er and Par, 2006; Bobabee et al., 2007; Rani et al., 2022; Padhiar and Vincent, 2020; Wang et al., 2023; Yazıcı, 2024).

In the classification of tillage machines, the depth of cultivation, the method of cultivation and the movement of the soil during tillage are considered (Ertekin and Akman, 2019; Rani et al., 2022; Yazıcı, 2024). Tillage machines are classified under six main headings: plow, cultivator, rotary tiller, harrow, roller, and packer (Akar and Çelik, 2017; Altuntaş, 2020; Çakmak, 1999; Ertekin and Akman, 2019; Korkmaz and Haciseferoğulları, 2014). Plows are divided into two groups: Mouldboard plows and disc plows. Cultivators are divided into four groups: Subsoiler, chisel, general-purpose cultivator, and field cultivator (Figure 1). Rotary tillers are divided into four types: Field rotary tiller, rototiller, vertical rotor mill and oscillating tiller. The harrows are divided into four types: Toothed, spring-loaded, disc and rotary. The rollers are divided into two as flat and shaped on the upper surface (Akar and Çelik, 2017; Ertekin and Akman, 2019). Apart from these machines, net harrows, throat filling plows, milled intermediate hoe, rigid leg cultivator and mechanical and laser levelling shovels used in soil cultivation and levelling are also listed (Keçecioglu and Gülsoylu, 2002).



Figure 1. Various Examples of Tillage Machines.

In this study, the average and standard deviation values of the hardness values of the active working elements in tillage machines were determined and compared with the values specified in the current Agricultural Machinery and Tractor Test Principles and Methods.

Material and Method

Within the scope of the study, 469 tillage machines whose hardness values were measured were examined. The samples for hardness measurements were obtained from soil tillage machines dispatched to the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering at Ege University via the General Directorate of Agricultural Reform of the Ministry of Agriculture and Forestry, provided by agricultural machinery manufacturers for testing purposes. The samples measured were previously unused, and soil tillage occurred subsequent to the hardness measurement. Hardness values were statistically evaluated according to the machine group. The hardness test of the active elements of these machines was conducted with a Karl Frank brand device in the Laboratory of the Faculty of Agriculture, Ege University, Department of Agricultural Machinery and Technologies (Figure 2).



Figure 2. Karl Frank Universal Hardness Tester.

Hardness is the resistance of the material against the force applied to the surface of the material with the help of a standard indenter. Depending on the hardness of the material and the hardness measurement method, ball, pyramid, or cone shaped indenters are used. As a result of the force applied according to the test method with these indenting tips, a mark is formed on the material surface according to the method or the net sinking depth is measured. The hardness value of the material is determined by calculations made using the average diameter of this trace or the sinking depth values.

Since the active elements used in tillage machines are required to have high wear resistance, the Rockwell Hardness Test is widely applied to measure the hardness of such materials. This test allows measurements to be made for different metallic materials according to different indenter tip and force values. A diamond conical tip with a 120° peak angle is used as an indenter tip to measure the hardness of tillage active elements (Figure 3). Symbols are used to indicate the applied force. In this study, Rockwell Hardness Test C Scale measurements were made. In this method, a pre-load of 150 kg was made with a diamond tapered tip with a peak angle of 120°, and then the hardness values were read from the device dial and recorded (BTU, 2024).

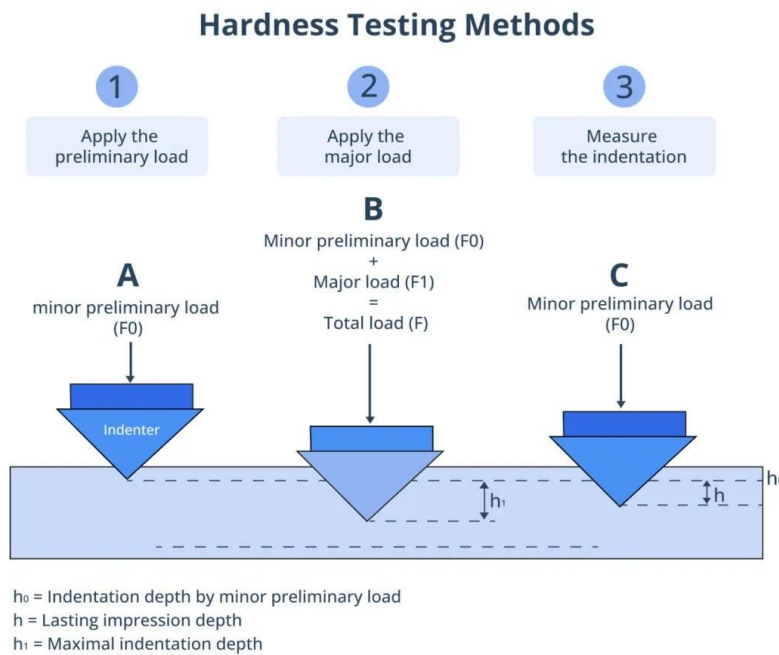


Figure 3. Indenter tip and measurement method used in Rockwell hardness testing experiments (Xometry, 2024)

For the mouldboard plows, the hardness values of the plow were measured 20 mm from the tip point. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C. For disk plows, the hardness values of the disks measured on a 50 mm wide strip around the disk circumference were taken. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C. The hardness values of the cultivator shares were measured from 10 mm to 20 mm inside the cutting edges and at least 4 points on each share in accordance with TS EN ISO 6508 - 1. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C. For toothed harrows, three teeth were randomly selected from each batch, and their hardness was measured at least 2/3 of the way from the tooth tip. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C.

In disk harrows, hardness values were measured 50 mm inside the circumference of the disks. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C. The hardness values of the subsoiler shares were measured 20 mm from the tip and at least three different locations. The arithmetic means of the obtained values were calculated as HR-C. The hardness values of the rotary tiller blades were measured at three different points: the middle and ends of the cutting edges, within an area 20 mm wide from the cutting edges. The arithmetic means of the obtained values have been calculated.

Results and Discussion

The data of the machines included in the tillage machines, mouldboard and disc plows, cultivator and its combinations, chisel and combinations, subsoiler, toothed/disc harrows, rotary tiller, mechanical and laser levelling shovels and soil auger were examined. The obtained data were evaluated by statistical analysis and the average hardness values of the active elements of these machines produced by different manufacturers and their standard deviation were calculated. These values of the tiller elements of tillage machines are given in Table 1.

According to the "Agricultural Machinery and Tractors Test Principles" published by the General Directorate of Agricultural Reform of the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye in November 2023, the test methods of tillage machines are specified. According to this regulation machine and active element match and hardness values have to be; mouldboard plow share 38-50 HR-C, disc plow discs 34-46 HR-C, subsoiler share 45-53 HR-C, harrow discs 45-50 HR-C, harrow teeth 45-50 HR-C, cultivator share 48-52 HR-C, rotary tiller blades 45-50 HR-C, earth auger cutter blades 42-48 HR-C (T.C.TOBB, 2024) (Table 2).

Table 1. Tillage Machinery Processor Elements standard deviation values

Tillage Machines	n (number of active parts)	Active element whose hardness is measured	Average Hardness Value (HR-C)	Standard deviation ($\pm$, RSD-C)
Mouldboard Plow	160	Share	50.7	3.2
Disc Plow	4	Disc	48.5	2.1
Cultivator + Combinations	134	Share	41.2	6.0
Toothed / Disc Harrow	136	Tooth / disc	47.8	2.4
Subsoiler	4	Share	42.3	3.8
Rotary Tiller	31	Blade	43.8	2.8

Table 2. Average Hardness compared with values of Experimental Principles and Methods of Tillage Machines

Tillage Machine	Average Hardness Value (HR-C)	Values of Experimental Principles and Methods ($\pm$, HR-C)	Comparison
Mouldboard plow	50.7	38-50	↗
Disc plow	48.5	34-46	↗
Cultivator + Combinations	41.2	48-52	↓
Tooth / Disc harrow	47.8	45-50	✓
Subsoiler	42.3	45-53	↘
Rotary Tiller	43.8	45-50	↘

According to the results obtained from the experiments were compared with the values in the test principles, it has seen that the hardness values of the active elements of the mouldboard plow (50.7 ± 3.2 HR-C), disc plow (48.5 ± 2.1 HR-C), disc and toothed harrows (47.8 ± 2.4 HR-C) were in the appropriate range. It was observed that the average hardness values of the active elements of the subsoiler (42.3 ± 3.8 HR-C), cultivator (41.2 ± 6.0 HR-C) and rotary tiller (43.8 ± 2.8 HR-C) were close to the lower limit. Cengiz and Arın (2005) encountered different values in the hardness measurements they applied to the scratch end irons in their researches. As a result of these values, they reported that the end irons were insufficient to meet the desired technical specifications. Güleç and Altuntaş (2013) reported that cultivator shares could not fulfill the values specified by Turkish Standards. In their study in 2021, Kvon et al. examined the effect of heat treatment applications on corrosion resistance in steel with moderate carbon used in agricultural machinery. They reported that as a result of different heat treatment applications, the wear resistance could be improved by 15-18% and the hardness value could be increased in the range of 12-14%, but the hardness values could not be increased above 47 HR-C. The results obtained from the current studies support this situation.

Agriculture is a sector of increasing strategic importance day by day. Growing crops to supply the nutritional needs of living beings in the face of the increasing world population necessitates the use of new techniques and technologies. Soil tillage, which is the initial and energy-intensive stage of plant production, is the stage where new research and development is needed the most. Wear and tear during tillage is among the biggest causes of machine failure. Defects and/or shape changes caused by abrasion affect the quality of tillage. Therefore, it causes the agrotechnical demands of the cultivated plant to be met incompletely or inadequately. This situation causes product loss and low yield.

One of the methods applied to improve the wear resistance of tillage machines is to increase the hardness value by heat treatment. According to the data obtained from previous studies and the current study, this method is applied in soil tiller elements with different hardness values. In the present study, it has seen that production was conducted with machines with appropriate hardness values were mouldboard plow share, disc plow and toothed harrow discs and toothed harrow teeth. It is seen that the subsoiler shares, cultivator narrow, and duck sweep share and rotary tiller blades approach the appropriate hardness values at the lower limit. Soil tillage active elements produced in accordance with the "Agricultural Machinery and Tractors Test Principles" regulation determined by the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye will allow an increase in the service life of the machine and to meet the agrotechnical demands at an adequate level. It should be ensured that the awareness levels and knowledge levels of the manufacturers of these machines could be increased with various trainings. It

is recommended to enrich the data provided to the existing literature with new studies to be conducted by comparing different coating methods and materials and materials produced from different alloys on different machines.

Contribution of the Authors as Summary

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflict of Interest Statement

The authors of the article declare that there is no conflict of interest between them.

Reference

- Akar, M., Çelik, A., 2017. Muş ovası tarım işletmelerinin tarımsal mekanizasyon özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 4(4): 491–498.
- Akın, E., Esgici, R., 2015. Eski çağda tarım aletleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*. 11(1): 33-37.
- Altuntaş, E., 2020. Türkiye’deki tarım makineleri kullanım projeksiyonunun tahmini. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*. 6(3): 506 – 516.
- Bayhan, Y., 2006. Reduction of wear via hardfacing of chisel ploughshare. *Tribology International*. 39: 570–574.
- Bedolla, P.O., Vorlaufer, G., Rechberger, C., Bianchi, D., Eder, S.J., Polak, R., Pauschitz, A., 2018. Combined experimental and numerical simulation of abrasive wear and its application to a tillage machine component. *Tribology International*. 127: 122–128.
- Bobobee, E.Y.H., Sraqu-Lartey, K., Fialor, S.C., Canacoo, E.A., Agodzo, S.K., Yawson, A., Gebresenbet, G., 2007. Wear rate of animal-drawn ploughshares in selected Ghanaian soils. *Soil & Tillage Research*. 93:299–308.
- BTU, 2024. Sertlik Ölçme Deneyi Deney Föyü. Bursa Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü. https://depo.btu.edu.tr/dosyalar/makine/Dosyalar/BTU_Makine_Laboratuvar%C4%B1_Sertlik_Deney_Foyu.pdf (27.05.2024)
- Cengiz, S., Arın, S., 2005. Trakya yöresinde üretilen bazı tarım alet ve makinalarında sık rastlanan imalat hataları. *tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2(3): 228-239.
- Çakmak B. 1999. Yerli yapım bazı tarım makinalarında malzeme bakımından kalite kavramı ve kalitenin iyileştirilmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, İzmir. Doktora Tezi, 244 s.
- Derpsch, R., Kassam, A., Reickosy, D., Friedrich, T., Calegari, A., Basch, G., Gonzalez-Sanchez, E., Rheinheimer dos Santos, D., 2024. Nature’s laws of declining soil productivity and Conservation Agriculture. *Soil Security*. 14: 100127.
- Er, U., Par, B., 2006. Wear of plowshare components in SAE 950C steel surface hardened by powder boriding. *Wear*. 261: 251-255.
- Ertekin, C., Akman, H.E., 2019. Tarım makinaları ve teknolojileri alanında yapılmış olan yayınların değerlendirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*. 15 (1): 7-18.
- Güleç, U., Altuntaş, E., 2013. Farklı kültüratör uç demirlerinin malzeme özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*. 30 (1): 13-24.
- Hayat, F., Uzun, H., 2011. Effect of heat treatment on microstructure mechanical properties and fracture behaviour of ship and dual phase steels. *Journal Of Iron and Steel Research, International*. 18(8): 65-72.
- Keçecioglu, G., Gülsoylu, E., 2002. Toprak işleme makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 545. 265 s. İzmir.
- Khan, H., Gill, J.S., Bansal, A., Singh, V., 2024. Slurry abrasion and dry sliding behavior of High-Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Sprayed WC-12Co and WC-10Co-4Cr Coatings on EN8 Tillage Material. *J Therm Spray Tech*. <https://doi.org/10.1007/s11666-024-01779-3>
- Korkmaz, İ., Haciseferoğulları, H., 2014. Konya’da bulunan tarım makinaları imalat sanayinin özellikleri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*. 1(2):56-66.
- Kvon, S., Kulikov, V., Chsherbakova, Y., Arinova, S., 2021. Improving properties of cast parts of agricultural machinery by the Nanomodification Method. *Engineering For Rural Development*. Jelgava. 26: 308-313.
- Lüle, F., Koç, V., 2022. Tarım makineleri imalatında kullanılan ST52 -ST37 ve standart dışı çeliğinin pin on disk aşınma özelliklerinin karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. (38): 191-197.
- Malvajerdi, A.S., 2023. Wear and coating of tillage tools: A review. *Heliyon*. 9: e16669.
- Natsis, A., Petropoulos, G., Pandazaras, C., 2008. Influence of local soil conditions on mouldboard ploughshare abrasive wear. *Tribology International*. 41:151–157.

- Önal, İ., Uçucu, R., Aykas, E., 1994. Öngörülen alet-makine setlerinde arız olasılıklarının belirlenmesi ve arıza gruplarının çözümlenmesi. T.C. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi, GAP Bölgesinde Tarımsal Mekanizasyon Gereksinimleri Etüdü Projesi TEMAV Seminer Raporu. Ankara. Türkiye.
- Padhiar, S.A., Vincent, S., 2020. Effect of hard facing processes on Mild steel A-36 by arc welding. *Materials Today: Proceedings*. 28:526–531.
- Rani, A., Singh, T.P., Singh, J., Patel, V., Choudhary, M.K., 2022. Abrasive wear behavior of EN42 steel used in agricultural discs in field conditions. *Engineering Failure Analysis*. 142:106789.
- T.C., TOB., 2024. T.R. Ministry of Agriculture and Forestry. 2024. T.R. Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agrarian Reform. *Agricultural Machinery and Tractors Test Principles*. Ankara. Türkiye. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Menu/156> (27.05.2024)
- Ünal, H.G., Saçılık, K., Gök, A., Gök, K., 2007. Türkiye’deki tarım makinaları üreticilerine farklı bir bakış. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*. 3(1): 11-16.
- Wang, X., Zhou, H., Wang, S., Zhou, H., Ji, J., 2023. Methods for reducing the tillage force of subsoiling tools: A review. *Soil & Tillage Research*. 229: 105676.
- Xometry, 2024. Xometry PRO. <https://xometry.pro/en-eu/articles/hardness-testing-of-metals/> (30.09.2024)
- Yazıcı, A., 2021. Review of Wear on Tillage Tools: Constraints in Transferring of the Research Findings to the Agricultural Sector and Solution Proposals. *Journal of Agricultural Machinery Science*. 17(2): 74-85.
- Yazıcı, A., 2024. Wear on steel tillage tools: A review of material, soil and dynamic conditions. *Soil&Tillage Research*. 242: 106161.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Investigation of Some Agronomic Performances of Local Maize Populations with Different Kernel Colors and Kernel Structures

Umut Songur^{1*}  Harun Baytekin¹  Fatih Kahrıman¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University. Agriculture Faculty, Department of Field Crops, 17020. Çanakkale, Türkiye

*Corresponding author: umut.songur47@gmail.com

Received Date: 12.02.2025

Accepted Date: 12.05.2025

Abstract

Maize is a crop with broad usage globally and is significant in various areas. From an agronomic perspective, it is known for its diversity in both quality traits and adaptation to different conditions. Particularly, there is notable variation in maize genotypes regarding color-related traits and anthocyanin compounds, which have been the focus of recent studies. Commercial maize varieties are widely grown, but efforts to develop new varieties with superior agronomic and nutritional traits are ongoing. Rich in genetic variation, colored maize genotypes are characterized by their high phenolic content and antioxidant activity, which are essential in terms of nutritional and health benefits.

This study was conducted to determine the agronomic characteristics of 14 local maize genotypes with varying grain colors and 2 standard varieties under Çanakkale conditions during the main summer cropping seasons of 2021 and 2022, using a randomized block design with three replications. In the study, traits such as days to flowering, plant height, first ear height, ear length, ear diameter, ear weight, kernel weight per ear, and the number of kernels per ear were examined. Significant variation was observed among the local maize genotypes for the traits examined. The days to flowering ranged from 54.9 to 70.0 days, plant height from 114.61 to 230.8 cm, first ear height from 40.8 to 110.8 cm, ear length from 12.9 to 17.7 cm, ear diameter from 29.1 mm to 37.7 mm, ear weight from 59.8 to 109.4 g, kernel weight per ear from 46.3 to 93.7 g, and the number of kernels per ear ranged from 324.5 to 611.4. The local maize genotypes coded as POP3, POP4, POP14, POP5, POP7, and POP9 were found to be promising in terms of kernel weight per ear and plant height traits. These materials are considered potential genetic resources for future breeding programs, especially when evaluated for grain quality and color characteristics.

Keywords: *Zea mays*, colored maize, local genotype, plant traits.

Farklı Tane Renklerine ve Tane Yapılarına Sahip Yerel Mısır Popülasyonlarının Bazı Agronomik Performanslarının İncelenmesi

Öz

Mısır küresel düzeyde birçok alanda kullanılan önemli bir tahıldır. Hem agronomik hem de kalite özellikleri bakımından geniş bir varyasyona sahip olan mısırdaki tane rengi bakımından da dikkate değer bir çeşitlilik bulunmaktadır. Renkle ilişkilendirilen antosiyanin ve fenolik bileşiklere olan ilgi renkli mısır genotiplerine de olan ilgiyi artırmıştır. Ticari mısır çeşitleri genel olarak verimi hedefleyen ıslah çalışmalarıyla geliştirildiğinden tane rengi bakımından mısırdaki genetik varyasyon oldukça daralmıştır. Son yıllarda antosiyanin ve fenolik bileşiklerce zengin mısır genotiplerinin doğal gıda boyası başta olmak üzere yüksek antioksidan içerikleriyle tamamlayıcı ve destekleyici tıbbi uygulamalarda kullanımlarının artması renkli mısırlara olan ilgiyi artırmıştır.

Bu çalışma tane rengi yönünden farklılık gösteren 14 adet yerel mısır genotipi ve 2 standart çeşidin Çanakkale koşullarındaki agronomik özelliklerini belirlenmesi amacıyla 2021 ve 2022 yılları yazlık ana ürün sezonunda tesadüf blokları deneme planına göre 3 tekrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada çiçeklenme gün sayısı, bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, koçan çapı, koçan ağırlığı koçanda tane ağırlığı ve koçanda tane sayısı özellikleri incelenmiştir. İncelenen özellikler bakımından yerel mısır genotiplerinde dikkate değer bir varyasyon olduğu belirlenmiş olup, çiçeklenme gün sayısı 54,9-70,0 gün, bitki boyu 114,61-230,8 cm, ilk koçan yüksekliği 40,8-110,8 cm, koçan uzunluğu 12,9-17,7 cm, koçan çapı 29,1 mm-37,7 mm, koçan ağırlığı 59,8-109,4 gr, koçanda tane ağırlığı 46,3-93,7 gr ve koçanda tane sayısı 324,5-611,4 adet arasında değişim göstermiştir. Kullanılan yerel mısır genotiplerinden POP3, POP4, POP14, POP5, POP7 ve POP9 kodlu

popülasyonların koçanda tane ağırlığı ve bitki boyu özellikleri bakımından ümitvar olduğu görülmüştür. Bu materyallerin tane kalitesi ve renk özellikleri bakımından da değerlendirilerek ileride yürütülecek ıslah çalışmalarında kaynak materyal olarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, renkli mısır, yerel genotip, bitkisel özellikler.

Introduction

Maize, a member of the Poaceae family, is an annual cereal crop adapted to warm climates. Among cereals, it is notable for having the highest yield per unit area and is one of the most widely cultivated crops widely and in Turkey (Kırtok, 1998). Due to its high starch content (68–75%), maize is mainly used in animal feed both worldwide and in Turkey. On the other hand, maize contains significant amounts of oil (3-5%) and protein (8-11%) in its kernels, making it a valuable resource for human nutrition and an essential raw material in the production of various food products in the industrial sector (Taş et al., 2011).

Grain color in maize is a highly variable trait, with genotypes exhibiting a wide range of colors from white to black. However, in most countries, the majority of commercially registered varieties consist of yellow or orange-colored genotypes. Genotypes with red, purple, or black kernels, which fall outside this range, are referred to in the literature as “colored corn”. Colored maize genotypes are among the rare cereals with high genetic diversity, containing carotenoids, anthocyanins, phlobaphenes, and phenolic compounds known for their positive effects on human health. These compounds that give color to maize have been proven to benefit human and animal health due to their high antioxidant capacity. Purple maize genotypes are particularly rich in anthocyanins, which are abundantly found in their kernels, tassels, cob husks, leaves, and stems (Paulsmeyer and Juvik, 2023). The colored maize can be used as natural food colorants, serving as an alternative to synthetic dyes due to their coloring properties. Moreover, these pigments, which are abundant in colored maize genotypes, have been reported to offer several health benefits. Studies have highlighted their positive effects on cardiovascular health, their role in improving insulin resistance, their ability to delay premature aging, and their anti-cancer properties (Zhu, 2018; Colombo et al., 2021). Studies have shown that colored maize genotypes when used as forage in animal feed, produce silage that does not negatively impact milk composition. Additionally, silage derived from colored maize has been found to possess high superoxide dismutase concentrations, improve milk yield, and positively influence silage fermentation (Tian et al., 2018; Matsuba et al., 2019). Generally, colored maize genotypes are genetic resources predominantly maintained by traditional farmers, as they are typically local populations rather than commercially produced varieties.

Significant progress has been made in studies focused on areas such as genetic resource characterization, molecular research, and the identification of potential applications of local maize populations. The positive outcomes of these studies are primarily based on the high genetic diversity inherent in maize (Kahrıman et al., 2020). The preservation and transmission of the genetic diversity found in local maize genotypes to future generations are crucial for national food security. The priority in this regard is the conservation and characterization of genetic resources, with local village populations, which exhibit high adaptability to the climate and environmental factors of their cultivation regions, being key resources in this context. From a national perspective, there are significant benefits in characterizing local maize genotypes and incorporating these genotypes into breeding programs. To this end, studies have been conducted in our country to identify genotypes with high grain and silage yields (Öner, 2017), examine their agronomic performance (Öztürk and Büyükgöz, 2021; İdikut et al., 2020; Kahrıman et al., 2019), and characterize them using molecular techniques (Akbulut et al., 2021; Cömertpay, 2011). However, research on the vegetative traits of colored local maize populations in our country has been very limited.

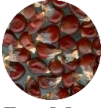
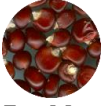
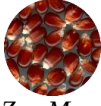
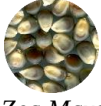
This study aimed to determine the vegetative performance of 14 colored local maize genotypes collected or obtained from different regions of Turkey and to assess their agronomic performance in comparison to two standard varieties. Based on the findings obtained from the research, the goal was to identify genotypes within the colored local village populations that can be used as source materials for different purposes.

Materials and Methods

Plant Material and Experiment Implementation

A total of 16 different genotypes, including 14 pigmented genotypes and 2 standard hybrid varieties, were used as materials in this study. The genotypes exhibit the characteristics of dent corn, flint corn, and popcorn in terms of seed traits and generally feature purple, red, orange, yellow, and white colors (Table 1). These genotypes were previously obtained from various regions of Turkey for scientific research purposes by the Department of Field Crops at the Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University.

Table 1. Genotypes and their characteristics used in the study.

Code	Collection Site	Seed Color		Code	Collection Site	Seed Color	İmege/Kernel Structure
POP1	Trabzon	Red	<i>Zea Mays everta</i> 	POP9	Çanakkale	Purple	<i>Zea Mays indurata</i> 
POP2	Tokat	Red	<i>Zea Mays indurata</i> 	POP10	Tokat	Light Purple	<i>Zea Mays everta</i> 
POP3	Artvin	Red	<i>Zea Mays indurata</i> 	POP11	Sakarya	Light Purple	<i>Zea Mays everta</i> 
POP4	Rize	Red	<i>Zea Mays everta</i> 	POP12	Ağrı	White	<i>Zea Mays indurata</i> 
POP5	Ordu	Purple	<i>Zea Mays indurata</i> 	POP13	Çanakkale	White	<i>Zea Mays everta</i> 
POP6	Gaziantep	Purple	<i>Zea Mays everta</i> 	POP14	Aydın	Red	<i>Zea Mays everta</i> 
POP7	Trabzon	Purple	<i>Zea Mays everta</i> 	Standard 1	Commercial Variety	Yellow/Orange	<i>Zea Mays indentata</i> 
POP8	Trabzon	Purple	<i>Zea Mays indurata</i> 	Standard 2	Commercial Variety	Yellow/Orange	<i>Zea Mays indentata</i> 

Climate and Soil Characteristics

According to climate data obtained from the Turkish State Meteorological Service, the long-term average temperature in Çanakkale is recorded as 15.09°C. The average temperatures for the years in which the experiment was conducted for two years, 2021 and 2022, were 17.5°C and 16.2°C,

respectively, both higher than the long-term average. During the six-month experimental period (May–October), the average temperature for 2021 and 2022 was recorded as 23.05°C. The long-term total precipitation during the same six-month period (May–October) is 149.9 mm. In the first year of the study, total precipitation during this period was 201.2 mm, while in the second year, it was 173.2 mm (Figure 1).

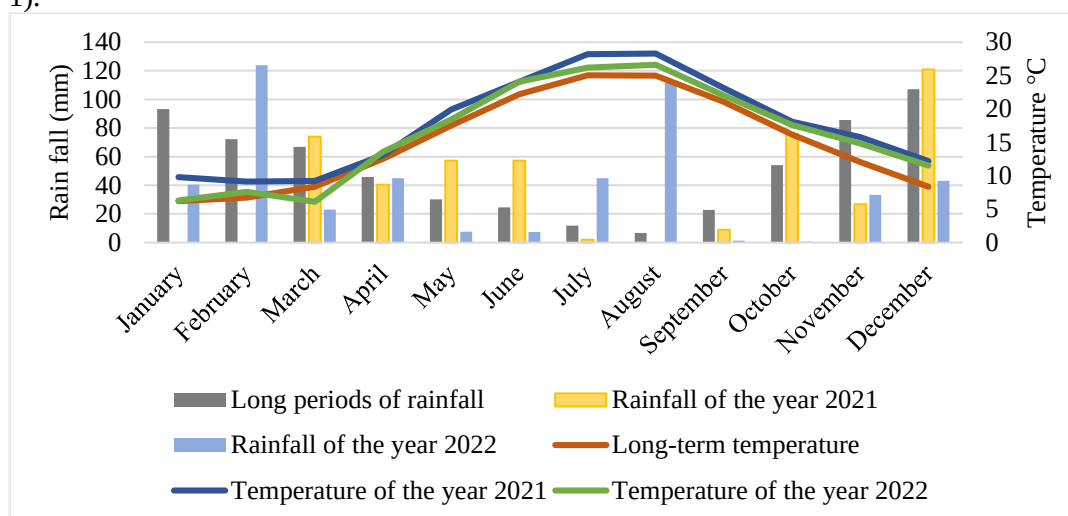


Figure 1. Climate data for Çanakkale's experiment years and long-term.

Table 2. Soil properties of the study.

Field Capacity (%)	pH	E.C. (mS/cm)	— Lime Content (%)	Organic Matter (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
66.5	7.33	0.91	8.4	1.86	2.77	81.02
Clay-loam	Neutral	Salt-free	Moderately calcareous	Low	Low	Low

Field Experiments and Evaluated Characteristics

The field experiment was conducted in the summer seasons of 2021 and 2022 in Çanakkale under a randomized block design with three replications. The experiment was established on May 10, 2021, in the first year, and on May 18, 2022, in the second year. In both years of the experiment, fertilization was applied with a dose of 24 kg/da of pure nitrogen. Irrigation was carried out using a drip irrigation system, and weed control was performed mechanically. Harvesting was done manually after the plants reached physiological maturity. In addition to the controlled pollination processes, at least five cobs in each plot were left open for natural pollination.

The plant characteristics examined were observed according to the Maize Technical Instructions of the Seed Certification and Registration Center (TTSM, 2018). Measurements of plant height and first ear height were taken from 10 randomly selected plants in each plot. Measurements for ear weight, ear length, ear diameter, seed weight per ear, and seed count per ear were conducted on five randomly selected ears left for natural pollination in each plot. Flowering observations were made on a row basis.

Table 3. Abbreviations of the investigated traits and their measurement methods.

Examined Characteristics	Methods for Determining the Characteristics
Plant Height	The distance from the soil surface to the tip of the plant's tassel was measured in centimeters (cm).
First Ear Height	The distance from the soil surface to the node where the first ear is attached was measured in centimeters (cm).
Flowering Days	The number of days from planting until the day when the tassel is visible on half of the plants in a row.
Ear Length	The distance from the base to the tip of the ear was measured in centimeters (cm).
Ear Diameter	The diameter of the middle section of the ear was measured with a caliper in millimeters (mm).
Ear Weight	The weight of the ear, including the cob, was determined using a precision scale (g).
Seed Weight per Ear	The weight of the seeds obtained from the ear sample was measured in grams (g) using a precision scale
Seed Count per Ear	The number of seeds on the ear was counted manually.

Statistical Analyses

The data obtained in the study were analysed using the SAS statistical software based on the Randomized Block Design (SAS Institute, 1999). Differences between means were determined using the Least Significant Difference (LSD-5%) test.

Results and Discussion

According to the analysis of variance results for the observed characteristics, significant differences were found between the varieties in all years and combined analyses. The effect of years on the observed characteristics showed statistically significant changes in first ear height and seed count per ear. The year $\times$ variety interaction was found to be statistically significant for all characteristics except for the flowering days.

Flowering Days (days): When examining the flowering days of the genotypes, the lowest number of flowering days in both 2021 and 2022 was observed in the POP2 genotype. In 2021, the genotype with the highest flowering days was POP11 with 73 days, while in 2022, POP13 had the highest flowering days with an average of 70.7 days. The average flowering days of the local genotypes ranged from 54.9 days to 70.0 days (Table 4). In another study using local corn genotypes, similar results to our findings were reported, with flowering days ranging from 57.6 to 77.7 days (Kahraman et al., 2019). Flowering days are an important criterion, particularly in the breeding of early and late varieties. The early-flowering local genotype, POP2, can be used as a source material in breeding programs aimed at developing early-maturing varieties.

Plant Height (cm): When examined the average plant heights of the genotypes, the highest plant height in the first year was observed in the Standard1 genotype with 246.6 cm, while the lowest plant height was found in the early-flowering POP2 genotype with 163.9 cm. In the second year, the highest plant height was recorded in the POP14 genotype. As in the first year, the lowest plant height in the second year was also recorded in the POP2 genotype (Table 4).

Table 4. Average values for plant height and first ear height according to years and populations.

Populations	Flowering Days (days):			Plant Height (cm):		
	2021	2022	Average	2021	2022	Average
Pop1	61.0 f	63.8 cde	62.4 f	181.7 h	169.8 d	175.8 h
Pop2	56.2 g	53.7 f	54.9 g	163.9 i	125.3 e	144.6 i
Pop3	64.5 cd	64.8 b-e	64.6 ef	241.5 ab	180.9 bcd	211.2 bcd
Pop4	63.0 de	62.9 de	62.9 f	233.4 ab	203.4 ab	218.4 ab
Pop5	64.2cd	70.5 a	67.3 cd	206.2 def	180.8 bcd	193.5 efg
Pop6	62.2 ef	64.1 b-e	63.1 f	192.7 fgh	178.7 cd	185.7 fgh
Pop7	67.7 b	64.9 b-e	66.3 cde	216.2 cd	188.8 bcd	202.5 cde
Pop8	69.0 b	67.4 abc	68.2 bc	211.4 cde	183.7 bcd	197.6 de
Pop9	65.5 c	65.8 b-e	65.6 de	198.8 efg	183.7 bcd	191.2 efg
Pop10	67.5 b	66.8 a-d	67.1 cd	189.5 gh	178.8 cd	184.2 fh
Pop11	73.0 a	67.1 abc	70.0 ab	186.0 gh	179.9 bcd	183.0 fh
Pop12	67.7 b	66.9 abc	67.3 cd	190.4 fgh	190.1 bcd	190.2 egh
Pop13	69.0 b	70.7 a	69.9 ab	187.5 gh	174.7 d	181.1 gh
Pop14	65.0 c	68.0 ab	66.5 cde	241.3 ab	220.4 a	230.8 a
Standard1	71.7 a	70.5 a	71.1 a	246.6 a	214.5 a	230.5 a
Standard2	62.2 ef	62.5 e	62.3 f	227.4 bc	200.0 abc	213.7 bc
Average	65.6	65.6	65.6	207.1 A	184.6 B	195.9

Notably, the average plant heights of the POP3, POP4, and POP14 genotypes were close to or higher than those of the hybrid varieties. In a study conducted by Öztürk et al. with 18 local genotypes, the plant height results were similar to our findings, ranging from 166.3 cm to 293.9 cm. Other studies using local genotypes as materials have also reported similar results (Rahmawati et al., 2023; Rabanal-Atalaya et al., 2021). In corn, a taller plant height positively affects single-plant yield, which is particularly desirable in silage corn production (Ünsal, 2020). It has been considered that these coloured local genotypes could be used as source material in future studies for developing silage varieties.

First Ear Height (cm): The general average first ear height of the genotypes ranged from 40.8 cm to 110.8 cm. In both the first and second years, the lowest first ear height was recorded in the POP2 genotype. In the first year, the highest first ear height was observed in the POP3 genotype with 113.1 cm, while in the second year, the highest value was recorded in the POP14 genotype with an average of 110.1 cm. Among the local genotypes, POP3 and POP14 had the highest first ear height averages, while in the standard varieties, Standard1 had the highest average first ear height (Table 5). In a study conducted in Ordu province using local genotypes as material, the first ear heights were found to be in a broader range, from 12 cm to 195 cm, which is wider than the range observed in our study (Öner, 2017).

Ear Length (cm): In the first year, the genotypes POP2, Standard1, and Standard2 produced the highest ear length results, while the lowest ear length was observed in the POP12 genotype. In the second year, the highest average ear lengths were recorded in the following genotypes: POP8 (20.0 cm), POP3 (19.6 cm), and POP4 (18.4 cm), with the lowest value again observed in the POP12 genotype (12.9 cm), as in the first year (Table 5). In a study by İdikut et al. (2015), they found the ear length of local flint corn varieties to be in the range of 12.92 cm to 17.50 cm, which is consistent with our results. Since ear length directly affects plant yield, a high ear length is desired during the variety development stages.

Table 5. Average values of flowering days and cob length according to years and populations.

Populations	First Ear Height (cm)			Ear Length (cm)		
	2021	2022	Average	2021	2022	Average
Pop1	82.5 def	57.3 d	69.9h	15.8 b-e	15.1 c-f	15.5 cde
Pop2	48.2 g	33.4 e	40.8 i	17.1 abc	15.8 b-f	16.4 a-d
Pop3	113.1 a	82.3 bc	97.7 b	15.7 b-e	19.6 a	17.7 abc
Pop4	105.4 ab	88.8 b	97.1 bc	16.7 a-d	18.4 ab	17.6 abc
Pop5	93.0 bcd	77.7 bc	85.4 ce	12.7 fg	16.0 b-e	14.4 def
Pop6	77.5 def	74.4 bc	76.0 fh	14.0 d-g	14.7 c-f	14.3 def
Pop7	99.8 abc	90.1 b	95.0 bd	14.7 c-f	17.5 abc	16.1 bcd
Pop8	104.5 ab	81.3 bc	93.0 be	15.1 c-f	20.0 a	17.6 abc
Pop9	75.3 ef	71.6 cd	73.4 gh	15.8 b-e	16.0 b-f	15.9 b-d
Pop10	80.9 def	78.3 bc	79.6fh	14.5 c-g	14.8 c-f	14.7 def
Pop11	88.2 cde	81.0 bc	84.6 dg	11.6 g	14.1 ef	12.9 f
Pop12	70.1 f	70.3 cd	70.2 h	13.5 e-g	12.9 f	13.2 f
Pop13	85.0 c-f	80.2 bc	82.6 eg	12.4 fg	14.3 def	13.4 ef
Pop14	111.5 a	110.1 a	110.8 a	15.7 b-e	15.2 c-f	15.5 cde
Standard1	108.9 ab	88.9 b	98.9 b	18.5 ab	17.3 a-d	17.9 ab
Standard2	88.3 cde	67.7 cd	78.0 fh	19.4 a	17.7 abc	18.6 a
Average	89.5 A	77.1 B	83.33	15.2 B	16.2 A	15.7

Ear Diameter (mm): When examining the ear diameter data for the first year, the genotype with the highest ear diameter was Standard1 (49.9 mm). Among the local populations, POP9 had the highest ear diameter at 37.8 mm, while the lowest ear diameter was observed in the POP3 genotype at 25.8 mm. In the second year, the lowest ear diameter was observed in the POP10 genotype at 30.5 mm, while the highest value was recorded in Standard2 with 41.8 mm. Among the local genotypes, POP9, POP12, and POP14 stood out in terms of ear diameter (Table 6).

Ear Weight (g): In both experimental years, the highest ear weight was observed in the Standard1 hybrid variety. In the first year, the highest ear weight in the local populations was 113.5 g in POP9, while the lowest weight was recorded as 52.4 g in POP11. In the second year, again, the standard varieties had higher ear weights compared to the local populations, with POP3, POP7, POP8, and POP9 standing out in terms of this characteristic (Table 6). Standard varieties are hybrid materials and since there are popcorn varieties among local genotypes, it is normal for ear weight in local genotypes to be lower than hybrid varieties. Since ear weight directly affects yield, it is an important parameter in maize breeding research.

Table 6. Average values of ear diameter and ear weight according to years and populations.

Populations	Ear Diameter (mm)			Ear Weight (g):		
	2021	2022	Average	2021	2022	Average
Pop1	33.9 cb	36.5 bcd	35.1 bc	86.1 bc	93.7 cd	89.8 bcd
Pop2	32.6 cd	33.9 cde	33.2 cd	85.8 bc	85.3 cd	85.5 bcd
Pop3	25.8 f	36.7 bcd	31.3 cde	73.8 cd	116.1 bc	94.9 bc
Pop4	30.7 cde	32.6 d-e	31.6 cde	74.8 cd	104.2 bcd	89.5 bcd
Pop5	30.9 cde	33.7 cde	32.3 d-e	70.1 cde	104.7 bcd	87.4 bcd
Pop6	31.0 cde	34.1 cde	32.5 cde	56.8 cde	93.1 cd	75.0 bcd
Pop7	29.2 def	35.9 bcd	32.6 cde	54.6 cde	124.6 abc	89.6 bcd
Pop8	27.3 ef	34.5 cde	30.9 d-e	57.8 cde	112.5 bcd	85.2 bcd
Pop9	37.8 b	37.6 abc	37.7 b	113.5 b	105.3 bcd	109.4 b
Pop10	27.6 ef	30.5 e	29.1 e	56.1 cde	73.1 d	64.6 cd
Pop11	30.8 cde	32.6 de	31.7 cde	52.4 de	79.9 cd	66.2 cd
Pop12	30.6 cde	37.4 a-d	34.0 bcd	62.9 cde	90.1 cd	76.5 bcd
Pop13	28.9 def	34.2 cde	31.5 cde	38.7 e	80.8 cd	59.8 d
Pop14	30.1 df	37.7 abc	33.9 bcd	72.0 cd	99.7 bcd	85.9 bcd
Standard1	49.9 a	40.7 ab	45.3 a	258.3 a	167.3 a	212.8 a
Standard2	48.1 a	41.8 a	44.9 a	229.8 a	165.8 a	197.8 a
Average	32.8 B	35.6 A	34.2	90.2 B	106 A	98.1

Grain Weight per Cob (g): The grain weight per cob in colored local populations ranged between 46.3 g and 93.7 g across the years. In standard varieties, the average grain weight per cob was significantly higher, reaching 173.2 g. In the first year, the genotype with the lowest grain weight per cob was POP13 (27.9 g), while the highest average was observed in Standard 2 (204.9 g). During the second trial year, the highest grain weight per cob was recorded in POP7 (107.1 g), whereas the lowest weight was found in POP10 (55 g). Among the colored village populations, POP9, POP5, and POP7 were identified as promising genotypes in terms of grain weight per cob.

Table 7. Average values of ear grain weight and ear grain number according to years and populations.

Populations	Grain Weight per Cob (g)			Number of Grains per Cob		
	2021	2022	Average	2021	2022	Average
Pop1	67.8 cd	74.0 cd	70.9 bc	423,1 b-e	470,2 bcd	446,6 cd
Pop2	71.6 c	69.9 cd	70.7 bc	470.2 b-d	601.2 ab	535.7 abc
Pop3	59.4 cde	85.1 bcd	72.2 bc	419,3 b-e	653,1 a	536,2 abc
Pop4	57.6 cde	84.9 bcd	71.2 bc	621,6 ab	601,2a b	611,4 ab
Pop5	59.3 cde	95.5 bcd	77.4 bc	378,8 c-g	630,5 a	504, bc
Pop6	40.5 def	73.2 cd	56.8 c	381,4 c-g	463,1 b-e	422,3 cd
Pop7	43.1 c-f	107.1 abc	75.1 bc	319,3 de	527,3 abc	423,1 cd
Pop8	45.5 c-f	97.1 bc	71.3 bc	300,2 fg	466,2 b-d	383,2 de
Pop9	100.7 b	86.7 b-d	93.7 b	598,8 ab	552,8 ab	575,8 ab
Pop10	37.6 ef	55.0 d	46.3 c	352,9 c-g	479,5 bcd	416,2 cd
Pop11	33.9 ef	67.7 cd	50.9 c	271,2 fg	421, b-e	346,1 e
Pop12	38.4 ef	70.6 cd	54.5 c	260,6 g	388,4 cde	324,5 e
Pop13	27.9 f	65.6 cd	46.8 c	330,3 fg	509,2 abc	419,6 cd
Pop14	55.9 c-f	85.9 bcd	70.9 bc	442,2 bcd	522,6 abc	482,4 bc
Standard1	204.9 a	141.5 a	173.2 a	613,8 ab	645,7 a	629,7 a
Standard2	203.4 a	143.2 a	173.3 a	656,7 a	582,4 ab	619,5 a
Average	71.7 B	87.6 A	79.7	378,2 B	519,6 A	470,5

Number of Grains per Cob: In the first year, the highest number of grains per cob was observed in the Standard2 genotype, while the lowest was recorded in the POP12 genotype. Among the colored village populations, POP4 and POP9 stood out as the genotypes with the highest number of grains in the first year, whereas in the second year, POP5 and POP3 were identified as the genotypes with the highest grain counts. Some local genotypes exhibited grain counts close to those of standard varieties, likely due to the smaller grain structure characteristic of the colored village populations.

Conclusion

The study revealed a significant and broad variation in the traits examined among the colored local maize genotypes used in the experiment. Among the genotypes, POP13 and POP11 were identified as potential source materials for developing late-maturing varieties, while the POP2 genotype was deemed suitable for use as a source material in breeding early-maturing varieties. The genotypes POP4 and POP14 stood out as they were statistically grouped with standard hybrid varieties in terms of plant height. These genotypes could serve as valuable source materials for developing colored local silage varieties. For improving first ear height, the genotypes POP3 and POP14 were identified as promising candidates, while for cob length, the genotypes POP2, POP3, POP4, and POP8 could be utilized as source materials in a variety development programs. Based on the results obtained for cob grain weight, which directly affects grain yield-one of the most critical parameters for the genotypes POP5, POP7, and POP9 demonstrated the highest average grain yield. Utilizing these genotypes in breeding programs for developing colored local maize varieties would be valuable for improvement efforts. Significant differences were observed between colored local maize genotypes and standard hybrid varieties in terms of cob weight, cob grain weight, and the number of grains per cob. Commercial hybrid varieties, which are commonly used as standards, exhibited better performance in terms of these characteristics compared to the colored local genotypes. However, based on the results obtained from plant height, first cob height, and cob length data, it was observed that local colored populations showed values similar to or even higher than those of the hybrid varieties. The results indicate significant variation in the plant characteristics of the materials used in the study, and it has been concluded that evaluating these genotypes in breeding programs would be beneficial.

Acknowledgements:

This study is part of the first author's PhD's thesis.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Akbulut. Ş., Kahrıman. F., Egesel. C.Ö., 2021. Anadolu'ya Ait Yerel Mısır Popülasyonlarının Protein Bant Dizileri Yardımıyla Karakterizasyonu. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 9(1). 79-87.
- Colombo. R., Ferron. L., Papetti. A., 2021. Colored corn: An up-date on metabolites extraction, health implication, and potential use. Molecules. 26(1). 199.
- Cömertpay. G., Baloch. F.S., Kilian. B., Ülger. A.C., Özkan H. 2011. Diversity Assessment of Turkish Maize Landraces Based on Fluorescent Labelled SSR Markers. Plant Molecular Biology Reporter. 30(2). 261-274.
- İdikut, L., Zülkadir, G., Yürürdurmaz, C., Çölkesen, M. 2015. Yerel cin mısırı genotiplerinin Kahramanmaraş koşullarında tarımsal özelliklerinin araştırılması. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 18(3), 1-8.
- İdikut. L., Önem. M., Zulkadir. G., 2020. Ana Ürün Koşullarında Yerel Cin Mısırı (*Zea mays everta*) Genotiplerinde Verim Performanslarının Araştırılması. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences. 30(3). 475-485.
- Kahrıman. F., Ada. F., Uysal. Z., Songur. U., 2020. Türkmenistan Menşei Yerel Mısır Popülasyonlarının Çanakkale Koşullarında Verim ve Tane Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi. 79-86.
- Kahrıman. F., Egesel. C.Ö., Baytekin. H., Şerment. M., Songur. U., 2019. Türkiye'nin Farklı Bölgelerinden Toplanmış Yerel Mısır Popülasyonlarının Çanakkale Koşullarındaki Performanslarının Değerlendirilmesi. Kongre Kitabı. 17.
- Kırtok. Y., 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi. 1998. İstanbul
- Matsuba. T., Kubozono. H., Saegusa. A., Obata. K., Gotoh. K., Miki. K., Oba. M., 2019. Effects of feeding purple corn (*Zea mays L.*) silage on productivity and blood superoxide dismutase concentration in lactating cows. Journal of dairy science. 102(8). 7179-7182.
- Öner. F., 2017. Ordu ili yerel mısır (*Zea mays L.*) genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 3(2). 108-119.
- Öztürk. A., Büyükgöz. A., 2021. Trabzon İline Ait Bazı Yerel Mısır Popülasyonlarının Agronomik Performansları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 52(1). 67-80.

- Paulsmeyer. M. N., Juvik. J. A., 2023. R3-MYB repressor Mybr97 is a candidate gene associated with the Anthocyanin3 locus and enhanced anthocyanin accumulation in maize. *Theoretical and Applied Genetics*. 136(3). 55.
- Rabanal-Atalaya. M., Medina-Hoyos. A., 2021. Valuation of the yield. morphological and chemicals characteristics of varieties of purple corn (*Zea mays* L.) in the region Cajamarca-Peru.
- Rahmawati. D., Santika. P., Rizqi. A., 2023. Quantitative and Qualitative Traits of Five Local Maize Varieties for Baby Corn Variety Breeding. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*. 7(4). 424-431.
- Taş. T., A. Öktem., A. G. Öktem., A. C. Ülger., 2011. Harran Ovası koşullarında farklı sıra üzeri mesafelerinde yetiştirilen at dişi mısırdaki (*Zea mays* L. *indentata*) bazı agronomik özelliklerin belirlenmesi. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi. 12-15 Eylül 2011. Bursa. s. 396- 401.
- Tian. X.Z., Paengkoum. P., Paengkoum. S., Thongpea. S., Chao. B.A.N., 2018. Comparison of forage yield. silage fermentative quality. anthocyanin stability. antioxidant activity. and in vitro rumen fermentation of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover and sticky corn stover. *Journal of integrative agriculture*. 17(9). 2082-2095.
- TTSM, 2018. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü, Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı:Mısır, Ankara.
- Ünsal, B. (2020). Farklı sıra üzeri mesafelerinin Kırşehir ekolojik koşullarında bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine etkisi (Master's thesis, Kırşehir Ahi Evran University (Turkey)).
- Zhu. F., 2018. Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. *Food Research International*. 109. 232-249.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Drying of White Nectarine Puree Through Various Methods and an Analysis of Their Effects

Onur Taşkın^{1*}  Tulin Tuanna Türkoğlu²  Ahmet Turan Özsoy³  Ahmet Polat¹ 
Nazmi İzli¹ 

¹Biosystems Engineering Department, Agriculture Faculty, Bursa Uludağ University, Nilüfer, 16059 Bursa, Türkiye

²Biosystems Engineering Department, Agriculture Faculty, Tekirdağ Namık Kemal University, Süleymapaşa, 59030, Tekirdağ, Türkiye

³Biosystems Engineering Department, Agriculture Faculty, Erciyes University, Talas, 38280 Kayseri, Türkiye

*Corresponding author: onurtaskins@gmail.com

Received Date: 15.10.2024

Accepted Date: 17.02.2025

Abstract

The influence of various drying techniques, including microwave, hot air, infrared, and freeze drying (F.D.), on key parameters such as drying time, drying rate, color, energy consumption, and specific energy consumption of white nectarines was systematically examined. In a comparative analysis of drying methods, microwave drying at 300 W exhibited the shortest drying time, completing the process in 15 minutes, whereas freeze-drying required the longest time, extending to 360 minutes. Besides, the highest drying rate (0.55 g water / g dry matter) was obtained by microwave drying at 300 W. Although freeze drying resulted in the best color retention when compared to fresh samples, it also exhibited the highest levels of energy consumption and specific energy consumption. Overall, freeze drying is advised primarily for preserving quality parameters, though it may not be the most efficient option in terms of energy consumption.

Keywords: Color, drying rate, drying time, energy consumption.

Beyaz Nektarin Püresinin Farklı Yöntemler ile Kurutulması ve Etkilerinin Analizi

Öz

Mikrodalga, sıcak hava, kızılötesi ve dondurarak kurutma gibi çeşitli kurutma tekniklerinin; beyaz nektarinde kurutma süresi, kurutma hızı, renk, enerji ve özgül enerji tüketimi gibi temel parametreler üzerindeki etkisi sistematik olarak incelenmiştir. Kurutma yöntemlerinin karşılaştırmalı analizinde, 300 W mikrodalga kurutma 15 dakika ile en kısa sürede kurutma işlemi tamamlarken, dondurarak kurutma 360 dakika gerektirerek kurutma süresini uzatmıştır. Diğer yandan, en yüksek kurutma hızı (0.55 g su / g kuru madde) 300 W mikrodalga kurutma ile elde edilmiştir. Dondurarak kurutma, taze örneklerle karşılaştırıldığında en iyi renk korunmasını sağlasa da en yüksek enerji tüketimi ve özgül enerji tüketimi de göstermiştir. Genel olarak, dondurarak kurutma kalite parametrelerini korumak için öncelikle tavsiye edilebilir, ancak enerji tüketimi açısından en verimli seçenek olmayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Renk, kuruma hızı, kuruma süresi, enerji tüketimi.

Introduction

White nectarine is an endemic fruit of the Çanakkale region of Türkiye and is internationally recognized by receiving a Geographical Indication Registration under the name "Bayramiç Beyazı" (Anamur and Türkmen, 2021; Gür and Eroğul, 2018). It is also locally called "Tüysüz Beyaz Şeftali" or "Evciler Tüysüzü" and is a shiny, hairless, hard fruit with a thin yellow-green skin and white flesh (Serbes, 2024; Gür, 2012). The fruit is classified in the same class as peach and named *Prunus persica* var. *nucipersica* Schneid. or *Prunus persica* var. *nectarine* Maxim (Kaynaş and Kesmen, 2018). However, the main feature that distinguishes white nectarines from peaches and other nectarines is their flavor (Serbes, 2024). The size of the fruit, the average fruit weight, and the proportion of fruit flesh vary between 40-50 mm, 30-62 g, and 87-91%, respectively (Kaynaş and Kesmen, 2018). The white nectarine ripens between the end of July and the beginning of September (Gür and Şeker, 2014).

Harvested fruits can be provided directly to the market with a shelf life of 12-15 days, or they can be stored in cold storage at 0°C and 85-90% relative humidity for up to 4 weeks (Serbes, 2024). Nevertheless, long-term storage affects the taste, nutritional quality, and shelf life of the products (Temizkan, 2017).

While the search for environmentally friendly and low-cost preservation methods continues, the nutritional value and quality of food products must be protected (Erbay & Küçüköner, 2008; Temizkan, 2017). Drying is one of the most widely used methods due to its advantage of allowing long-term preservation (Günaydın et al., 2022). Moreover, numerous drying technologies are available across the food, agriculture, and textile industries. These technologies utilize alternative energy sources, such as microwaves, ultrasonic waves, and infrared radiation (Walters et al., 2014). Considering the drying method challenges, the puree drying process offers a relatively inexpensive and straightforward approach, requiring shorter drying times and lower drying temperatures (Polat et al., 2021). Dried products obtained with the above method are consumed in different areas such as instant soup, baby food, and ready-made meals (Erbay and Küçüköner, 2008).

This study aimed to analyze the impact of microwave, hot air, infrared, and freeze drying on drying time, drying rate, color, energy consumption, and specific energy consumption of white nectarine. The main objective of puree drying is to overcome the knowledge gap regarding the use of white nectarine as an ingredient for various foods and to have energy-efficient rapid drying requirements in the industry.

Material and Method

Drying Equipments and Drying Procedure

White nectarine samples were sourced from a local market in Bursa, Türkiye, and stored at a temperature of 4 ± 0.5 °C until the drying experiments were conducted. The initial moisture content of the fresh white nectarine samples was determined to be 5.63 (g water/g dry matter) on a dry basis (d.b.) through oven drying at 70 °C for 24 hours using an M3025P model (Electromag, Turkey).

The drying experiments were conducted using an oven (Arçelik, KMF 833, Türkiye), with the hot air drying performed at temperatures of 80 °C and 90 °C, while the microwave drying was carried out at power levels of 200 W and 300 W. The infrared drying process was performed using a custom-designed dryer that featured a 1500 W halogen infrared lamp positioned longitudinally above the products. The spacing between the lamp and the product was configured to be 12 cm. Power settings of 300 W and 400 W were implemented in continuous infrared drying modes (PR1). A laboratory-scale freeze dryer (Alpha 1–2 LD Plus, Osterode am Harz, Germany) was utilized, operating at a processing temperature of –50 °C and maintaining a constant pressure of 52 Pa within the drying chamber. The process conditions for the drying methods were determined based on literature review (Chen et al., 2015; Motevali et al., 2011; Kocabiyik and Tezer, 2009 and Taskin et al., 2021).

The peeled samples, each weighing 50 g, were pureed with a home-type blender (800, Tefal, France). The monitoring of moisture loss in the samples occurred at different intervals depending on the drying method employed: 3 minutes for microwave drying, 9 minutes for hot air drying, 6 minutes for infrared drying, and 30 minutes for freeze drying. Using a Radwag balance (Radom, Poland) with an accuracy of ± 0.01 g, measurements were taken until the samples reached a final moisture content of 0.1 on a dry basis (d.b.).

Drying Curves

In the course of the drying experiments, the moisture content (MC) and drying rate (DR) were determined using Equation (1) and Equation (2), respectively. In this context, W_w represents the weight of the wet sample (g), W_d denotes the weight of the dry sample (g), M_{t+dt} refers to the moisture content at time $t+dt$ (g water/g dry matter), M_t represents the moisture content at a specific time (g water/g dry matter), and t signifies the drying time (min) (Thorat et al., 2012).

$$MC = \frac{(W_w - W_d)}{W_d} \quad (1)$$

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (2)$$

Color Measurement

The color analysis of both fresh and dried white nectarine samples was performed with five measurement using a color analyzer (MSEZ-4500L, Hunterlab, USA), following calibration against standard black and white surfaces. The color attributes were expressed using the L, a, and b parameters: L indicates lightness or darkness, a represents the balance between greenness (–) and redness (+), while b denotes the balance between blueness (–) and yellowness (+). The reference values for the fresh samples are designated as L_0 , a_0 , and b_0 . To evaluate the changes in color, Equations (3), (4), and (5) were utilized to compute the chroma (C), hue angle (α), and total color difference (ΔE) (Atmaca and Büyükcan, 2022).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (5)$$

Energy Aspect

Energy consumption (E_c) values in the dryers were measured in kilowatt-hours (kWh) using a power meter (EU TS-836A; Floureon, China), as reported by Orikasa et al. (2018). The specific energy consumption (E_{cs}), defined as the energy required to evaporate a unit mass of water from the sample, was calculated using Eq. (6) (Motevali et al., 2012).

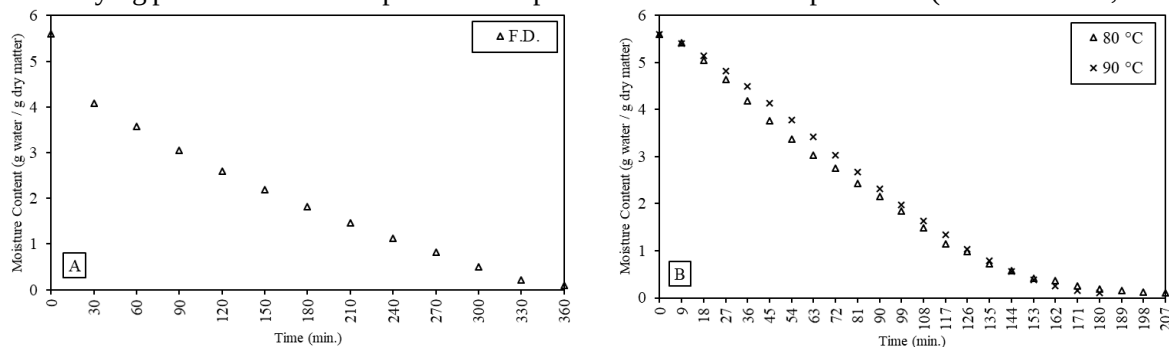
$$E_{cs} = \frac{E_c}{m_w} \quad (6)$$

Statistical Analysis

The experiments were conducted in triplicate to ensure reliability and accuracy of the results. The data underwent analysis of variance (ANOVA) utilizing JMP software (Version 7.0; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). To compare the means at a significance level of 5% ($P < 0.05$), the least significant difference (LSD) test was employed.

Results and Discussion

Figure 1 presents the changes in moisture content of white nectarine samples over the drying time under various drying conditions. The drying conditions were defined by the total duration needed to attain the final moisture content. The longest drying time was observed with freeze drying, taking 360 minutes, whereas the shortest time was recorded with microwave drying at 300W, requiring 15 minutes. Additionally, a reduction in hot air, infrared, or microwave power levels led to an increase in drying time. The results indicated a decrease in drying time for white nectarine samples by 13.04%, 45.09%, and 61.53% when processed at 90°C, 400 W (PR1), and 300 W, respectively. The microwave drying method exhibited the greatest reduction in drying time, whereas hot air drying resulted in the smallest difference. Comparable findings regarding drying time have been reported in previous literature. Ismail et al. (2016) investigated sun, hot air, microwave, and infrared drying methods for nectarine. Among the various drying techniques evaluated, the microwave drying method proved to be the most effective for drying nectarines. Conversely, the extended processing time and limited scalability associated with freeze-drying peaches increased operational expenses for small-scale operations. (Sarkhosh et al., 2024).



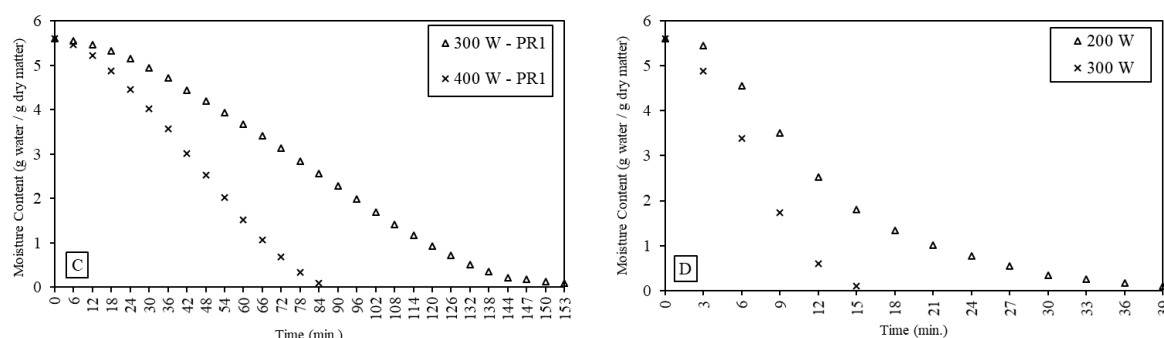


Figure 1. Changes in moisture content over time during the drying process

Figure 2 illustrates the correlation between the drying rate and the average moisture content of white nectarine samples. All experiments demonstrated that the drying rate decreased as the moisture content diminished. In contrast to hot air drying, an increase in infrared or microwave power resulted in a higher drying rate. In freeze drying, an increase in the drying rate was observed during the initial thirty minutes, followed by a period of constant drying rate for the remainder of the process. Experiments on drying of white nectarine puree show that the drying rates in the falling-rate period are dependent on drying method. Subsequently, the methods show that the drying rate in the falling-rate period depends on water concentration. A strategy aimed at enhancing the drying rate during the falling-rate period is developed building on this understanding. In a similar study, Ismail et al. (2017) investigated the drying of nectarines using infrared drying at 125 W and microwave drying at 180 W. The infrared drying process did not exhibit any periods of constant rate drying. Furthermore, the reduction in moisture content within the product resulted in decreased microwave power absorption, which, in turn, caused a decline in the drying rate as the process advanced. Additionally, Miraei Ashtiani et al. (2018) observed that there was no constant-rate period during the drying process for both hot-air and hybrid hot air-microwave drying. Instead, a falling-rate period was noted, attributed to the diffusion-controlled mechanism occurring within the nectarine.

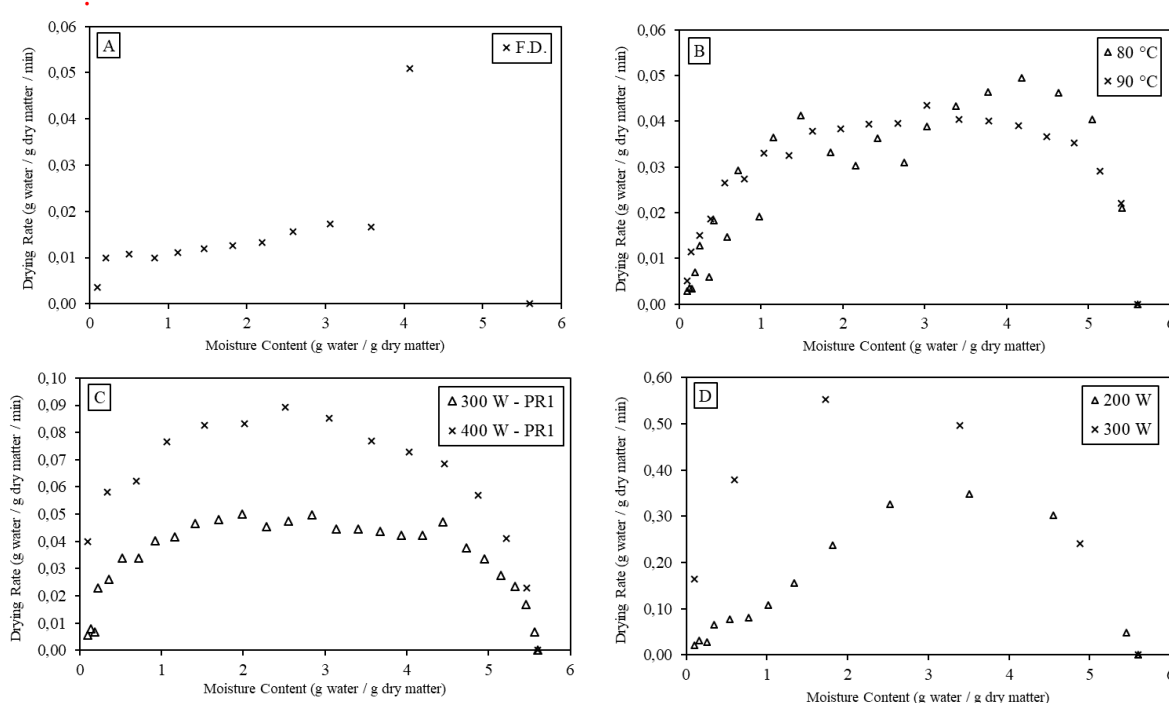


Figure 2. Correlation between drying rate and moisture content during the drying process

Table 1 displays the color parameters (L^* , a^* , b^* , C , α , and ΔE) for both fresh and dried white nectarine samples. The white nectarine samples exhibited L^* , a^* , and b^* values of 66.11 ± 0.09 , -1.12 ± 0.08 , and 25.96 ± 0.47 , respectively. In all drying treatments, L^* values showed a decline, while both

a* and b* values exhibited an increase ($P<0.05$). The freeze-dried samples exhibited values that were closest to those of the fresh samples ($P<0.05$). The samples subjected to microwave drying at 300 W showed the greatest variation in chroma (C), while the highest variation in hue angle (α) was observed in samples dried at 90 °C using hot air. The smallest change in ΔE values was noted in the samples dried through freeze drying, while the greatest change occurred in the samples dried with microwave drying at 200 W. These findings align with previously reported values in the literature. Jahanbakhshi et al. (2020) investigated the drying of nectarine slices by hot air drying. Elevating the drying temperature resulted in increased ΔE levels, attributed to the Maillard reaction between sugars and proteins, which subsequently formed melanoidins. Additionally, da Silva et al. (2019) conducted an analysis of ultrasound-assisted vacuum drying techniques applied to nectarines. The color values of the fresh samples were recorded as 72.45 for L*, 9.43 for a*, and 40.25 for b*. It is essential to acknowledge that color differences observed between studies may be influenced by the variations between white and yellow nectarines.

Table 1. Color properties of white nectarine samples

Product	L	a	b	C	α	ΔE
Fresh	66.11 $\pm$ 0.09 a	-1.12 $\pm$ 0.08 h	25.96 $\pm$ 0.47 g	25.98 $\pm$ 0.46 f	92.48 $\pm$ 0.23 a	*
F.D.	59.05 $\pm$ 0.70 b	2.98 $\pm$ 0.07 g	29.66 $\pm$ 0.31 f	29.81 $\pm$ 0.32 e	84.30 $\pm$ 0.11 b	8.97 $\pm$ 0.58 f
80 °C	51.19 $\pm$ 0.65 c	9.06 $\pm$ 0.04 e	31.05 $\pm$ 0.26 e	32.34 $\pm$ 0.25 d	73.77 $\pm$ 0.15 d	18.77 $\pm$ 0.59 e
90 °C	47.82 $\pm$ 1.03 e	11.59 $\pm$ 0.11 a	33.84 $\pm$ 0.67 b	35.77 $\pm$ 0.62 a	71.12 $\pm$ 0.45 f	23.63 $\pm$ 0.91 b
300W – PR1	48.25 $\pm$ 0.10 e	9.34 $\pm$ 0.09 d	32.01 $\pm$ 0.25 d	33.35 $\pm$ 0.26 c	73.77 $\pm$ 0.07 d	21.57 $\pm$ 0.09 c
400W – PR1	49.17 $\pm$ 0.32 d	8.61 $\pm$ 0.04 f	32.17 $\pm$ 0.46 cd	33.30 $\pm$ 0.44 c	75.05 $\pm$ 0.51 c	20.50 $\pm$ 0.27 d
200 W	43.04 $\pm$ 0.31 g	9.67 $\pm$ 0.07 c	32.76 $\pm$ 0.96 c	34.17 $\pm$ 0.91 b	73.57 $\pm$ 0.51 d	26.37 $\pm$ 0.27 a
300 W	44.90 $\pm$ 0.21 f	10.82 $\pm$ 0.06 b	34.61 $\pm$ 0.14 a	36.27 $\pm$ 0.14 a	72.68 $\pm$ 0.09 e	25.83 $\pm$ 0.23 a

^{a,d} Values within a column with different superscripts differ significantly at $P<0.05$

The variations in energy consumption and specific energy consumption values are represented in Figures 3 and 4. The energy consumption associated with the drying processes was quantified for various methods: freeze drying accounted for 3930 Wh, hot air drying at 80 °C and 90 °C required 797 Wh and 807 Wh, respectively. In the case of infrared drying, energy consumption was recorded at 473 Wh for 300 W-PR1 and 445 Wh for 400 W-PR1. Finally, microwave drying utilized 273 Wh at 200 W and 190 Wh at 300 W. Reducing the drying temperature led to an increase in energy consumption, whereas variations in power levels for infrared and microwave drying did not demonstrate a comparable effect. Besides, the results for specific energy consumption revealed that freeze drying exhibited the highest value, which was 20.7 times higher compared to microwave drying at 300 W. According to Demirel and İsmail (2017), the energy consumption values associated with drying nectarine slices indicated that the microwave drying method resulted in the lowest energy consumption. This was followed by the hybrid drying method (microwave-hot air) and the hot air drying method. Tunçkal et al. (2024) conducted an investigation into the drying efficiency of nectarine slices using a heat pump drying system. Exergy efficiencies were found to be highest at 45 °C within a temperature range of 35 to 45 °C, recording values of 65.94% for the condenser, 77.95% for the dryer, and 80.53% for the compressor.

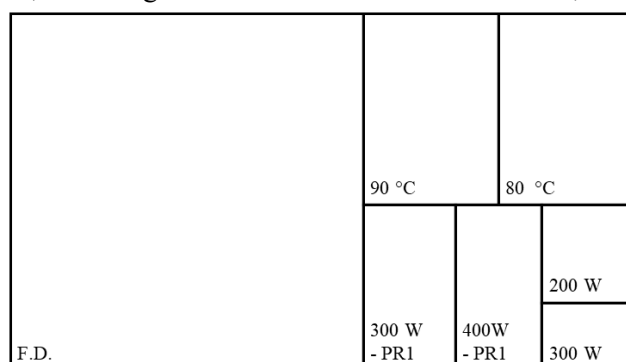


Figure 3. Energy consumption metrics associated with different drying techniques.

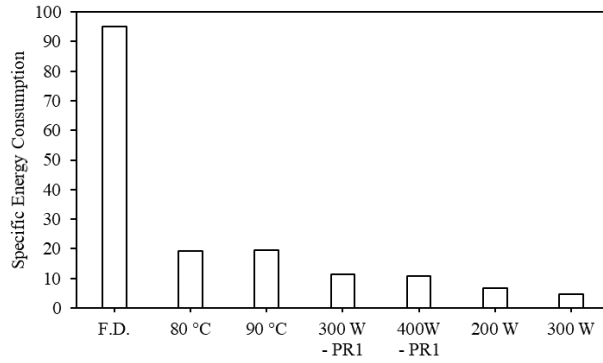


Figure 4. Specific energy consumption metrics for diverse drying techniques

Conclusion

Drying processes for white nectarine fruit provide effective methods to retain their nutritional value and natural flavor. The use of contemporary drying methods, including microwave, hot air, infrared and freeze drying, has led to the development of products with substantially extended shelf life. This study highlights the effectiveness of using these techniques on white nectarines, demonstrating their ability to extend shelf life and preserve quality, while also delivering important insights into energy efficiency for producers. The dried white nectarine provides consumers with an opportunity to enjoy this fruit throughout the year. In conclusion, it can be stated that freeze drying is an effective method for drying nectarine slices, particularly regarding color preservation. Nevertheless, future research should focus on enhancing the impact of drying time and improving drying efficiency.

Authors' Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare no competing interests.

References

- Anamur, F., Türkmen, C., 2019. Sıvı humik asit uygulamalarının Bayramiç beyazı nektarin çeşidinin (*prunus persica* var. *nucipersica*) beslenmesi ve bazı toprak enzim aktiviteleri üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 8(4):1035–1047.
- Atmaca, M., Büyükcan, M.B., 2022. Kurutulmuş muz dilimlerinin bazı fiziksel ve yapısal kalite karakteristiklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 10(1):29–36.
- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., Zhou, Y., 2015. Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short-and medium-wave infrared radiation. *LWT-Food Science and Technology*. 64(2):759–766.
- da Silva, E.S., Brandão, S.C.R., da Silva, A.L., da Silva, J.H.F., Coêlho, A.C.D., Azoubel, P. M., 2019. Ultrasound-assisted vacuum drying of nectarine. *Journal of Food Engineering*. 246:119–124.
- Demirel, F., Ismail, O., 2017. Investigation of the effect of a hybrid drying method on the color quality of nectarine slices and energy consumption. *Studia Universitatis Babes-Bolyai Chemia*. 62(1):237–248.
- Erbay, B., Küçüköner, E., 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. 10:21–23.
- Günaydın, S., Sağlam, C., Çetin, N., 2022. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*. 5(1):30–45.
- Gür, E., 2012. Beyaz nektarin tiplerinin aflp moleküler markör polimorfizmi ile aroma bileşenlerinin *prunus* cinsine giren önemli tür ve çeşitlerle karşılaştırılması ve melez populasyonların oluşturulması. *ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi*. 114 s.
- Gür, E., Eroğul, D., 2018. Hasat Öncesi Gibberellik Asit Uygulamalarının 'Bayramiç Beyazı' ve 'Caldesi 2000' Nektarin Çeşitlerinin Meyve Kalitesine Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 6(2):27–33.
- Gür, E., Şeker, M., 2014. Beyaz nektarin tiplerinin *prunus* cinsine giren önemli türlerle melezlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 28(1):65–72.
- Ismail, O., Kıpçak, A. S., Doymaz, İ., Piskin, S., 2017. Thin-layer drying kinetics of nectarine slices using IR, MW and hybrid methods. *Bulgarian Chemical Communications*. 49(1):92–100.
- İsmail, O., Beyribey, B., Doymaz, İ., 2016. Effect of drying methods on drying characteristic, energy consumption and color of nectarine. *Journal of Thermal Engineering*. 2(2):801–806.

- Jahanbakhshi, A., Yeganeh, R., Momeny, M., 2020. Influence of ultrasound pre-treatment and temperature on the quality and thermodynamic properties in the drying process of nectarine slices in a hot air dryer. *Journal of Food Processing and Preservation*. 44(10):e14818.
- Kaynaş, K., Kesmen, N., 2018. Bayramiç Beyazı nektarin çeşidinde farklı uygulamaların depolama ve pazarlama kalitesine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 4(2):46–58.
- Kocabiyik, H., Tezer, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International journal of food science & Technology*. 44(5):953-959.
- Miraei Ashtiani, S. H., Sturm, B., Nasirahmadi, A., 2018. Effects of hot-air and hybrid hot air-microwave drying on drying kinetics and textural quality of nectarine slices. *Heat and Mass Transfer*. 54:915–927.
- Motevali, A., Minaei, S., Khoshtagaza, M.H., 2011. Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*. 52(2):1192-1199.
- Motevali, A., Abbaszadeh, A., Minaei, S., Khoshtagaza, M.H., Ghobadian, B., 2012. Effective moisture diffusivity, activation energy and energy consumption in thin-layer drying of Jujube (*Zizyphus jujube* Mill). *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14(3):523–532.
- Orikasa, T., Ono, N., Watanabe, T., Ando, Y., Shiina, T., Koide, S., 2018. Impact of blanching pretreatment on the drying rate and energy consumption during far-infrared drying of Paprika (*Capsicum annum* L.). *Food Quality and Safety*. 2(2):97-103.
- Polat, A., Taşkın, O., İzli, N., 2021. Application of different drying techniques on peach puree. *Journal of Agricultural Sciences*. 27(2):211–218.
- Sarkhosh, A., Habibi, F., Sargent, S.A., Brecht, J.K., 2024. Dehydrated and freeze-dried peach fruit: A prolonged shelf-life product through modern drying techniques. HS1478.
- Serbes, E.B., 2024. Farklı zamanlarda Çanakkale pazarlarından alınan Bayramiç beyazı nektarin örneklerinde pestisit kalıntılarının araştırılması. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 59 s.
- Taskin, O., İzli, G., İzli, N., 2021. Physicochemical and morphological properties of European cranberrybush powder manufactured by freeze drying. *International Journal of Fruit Science*. 21(1):1008-1017.
- Temizkan, R., 2017. Beyaz nektarin kalitesinin ısı olmayan muhafaza yöntemleriyle korunması ve görüntü işleme teknikleriyle değerlendirilmesi. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 216 s.
- Thorat, I.D., Mohapatra, D., Sutar, R.F., Kapdi, S.S., Jagtap, D.D., 2012. Mathematical modeling and experimental study on thin-layer vacuum drying of ginger (*Zingiber officinale* R.) slices. *Food and Bioprocess Technology*. 5:1379–1383.
- Tunçkal, C., Direk, M., Doymaz, İ., 2024. Drying kinetics of nectarine slices in a heat pump drying system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 46(1):1686–1700.
- Walters, R.H., Bhatnagar, B., Tchessalov, S., Izutsu, K.I., Tsumoto, K., Ohtake, S., 2014. Next generation drying technologies for pharmaceutical applications. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 103(9):2673–2695.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/ Research Article

Bursa ili Karacabey İlçesinde Tarım Sektörünün Sosyo-Ekonomik Yapısının İncelenmesi

Gökhan Uzel^{1*} 

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karacabey, Bursa, Türkiye

*Sorumlu yazar: uzeltgokhan@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.11.2024

Kabul Tarihi: 03.02.2025

Öz

Bir bölge, şehir ya da ilçedeki herhangi bir ekonomik, sosyal veya kültürel yapının geliştirilmesine yönelik analiz gerçekleştirebilmek için öncelikle mevcut durumun ortaya konması gerekmektedir. Fikir yürütülecek yapının sosyo-ekonomik ve tarımsal özelliklerini anlamak, bu yapıya dolaylı ve direkt olarak etki eden unsurları tespit etmek gerekmektedir. Bu kapsamda araştırmada söz konusu yapıyı ortaya koyabilmek için, üreticilerin yerel ekonomiye katkıları, mevcut sektör hakkında düşünceleri, memnuniyet durumları, işletmeyi etkileyen faktörler ve ekonomik sermaye varlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın gerçekleştirildiği Bursa İli Karacabey İlçesi büyük bir tarımsal ilçe özelliği göstermekte ve Bursa tarımında çok büyük bir paya sahip durumda bulunmaktadır. Bu yapının özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla, araştırma hedef kitlesinin çok büyük olması sebebiyle de gayeli örnekleme yöntemi kullanılarak, tarımsal üretim faaliyetinde bulunan işletmeler (240 adet) ile anket görüşmesi gerçekleştirilmiştir. İnceleme sonucu elde edilen veriler yüzde değerler biçiminde, tablolar halinde gösterilmiştir. Araştırma bölgesinde genç üreticilere teşvikler sağlanmalıdır. Tarımsal örgütlenme politikalarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kırsal alanda yaşayan ve üreticilerin eğitim düzeyini yükseltici politikalar uygulanmalıdır. Tarımsal yayım, tarımsal örgütlenme, tarımsal yeniliklerin öğretilmesi ve kullanımları, tarımsal işletmecilik gibi alanlarda da eğitimlerin verilmesinin tarımsal üretime olumlu yönden katkı sağlayabileceği söylenilebilir. İşletme ölçeklerinin büyütülmesi, havza bazlı üretim ve entansif tarımın desteklenmesi gibi politikalarla üretimdeki plansız, heterojen yapının azaltılması ve verimliliklerin artırılması hedeflenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Tarım, sosyo-ekonomi, tarımsal üretim, tarımsal potansiyel, Bursa, Karacabey.

Survey of the socio-economic structure of the agricultural sector in Karacabey District of Bursa Province

Abstract

In order to carry out an analysis for the development of any economic, social or cultural structure in a region, city or district, the current situation must first be determined. It is necessary to understand the socio-economic and agricultural characteristics of the structure to be discussed and to determine the elements that directly and indirectly affect this structure. In this context, in order to reveal the structure in question in the research, it is aimed to determine the contributions of the producers to the local economy, their thoughts about the current sector, their satisfaction status, the factors affecting the enterprise and the economic capital assets. Karacabey District of Bursa Province, where the research was conducted, is a large agricultural district and has a very large share in Bursa agriculture. In order to reveal the characteristics of this structure, a survey interview was conducted with enterprises (240) engaged in agricultural production activities using the purposive sampling sampling method, since the target audience of the research is very large. The data obtained as a result of the examination are shown in tables as percentage values. Incentives should be provided to young producers in the research region. There is a need to develop agricultural organization policies. Policies should be implemented to increase the education level of producers living in rural areas. It can be said that providing training in areas such as agricultural publication, agricultural organization, teaching and using agricultural innovations, and agricultural management can contribute positively to agricultural production. It should be aimed to reduce the unplanned, heterogeneous structure in production and increase productivity with policies such as increasing the scale of enterprises, supporting basin-based production and intensive agriculture.

Keywords: Agriculture, socio-economy, agricultural production, agricultural potential, Bursa, Karacabey.

Giriş

Eski adı Mihaliç olan, Bursa'nın Karacabey ilçesi, Antik Çağ'dan bu yana şehrin önemli yerleşim yerlerinden biridir. Marmara Bölgesi'nde bulunan Karacabey Bursa'nın 65 km batısında yer alan, Bursa'ya bağlı bir ilçedir (Köksal vd., 2018). Bursa'ya 60 km uzaklıkta olup Uluabat (Apolyont) Gölü'nün yanında yer almaktadır. Doğudan Mudanya ve Bursa, güneyden Mustafakemalpaşa, Susurluk; güneybatıdan Manyas, batıdan Bandırma ve kuzeyden Marmara Denizi ile çevrilidir. Bu konumu dolayısıyla, İstanbul-İzmir hattının ulaşımını da sağlayan bir kavşak noktasında yer almaktadır. İlçe nüfusu 84907 olup toplam 85 mahalle bulunmaktadır (Anonim, 2024).

İlçe ekonomisi sanayi, ticaret, ulaşım, hizmet sektörleri ve özellikle tarım sektöründen oluşmaktadır (BEBKA, 2022). Kurulmuş olan gıda konserve fabrikaları, tarım araç-gereç atölyeleri, çeşitli işyerleri ve tarım sektörü ilçede geniş bir istihdam kapasitesi yaratmaktadır. Organize sanayi bölgesinde bulunan fabrika ve işletmeler ilçe ekonomisinde önemli bir role sahiptir. İlçe özellikle tarımsal faaliyetler açısından önemli bir noktada bulunmaktadır. Sebze, meyve, yem bitkisi ve endüstri bitkileri üretimi ilçede yoğun olarak yapılmaktadır. Bölgede farklı sanayi kollarında üretim yapan ekonomik değeri yüksek fabrikalar (Sütaş, Nestle, Matlı, Agromar vb.) bulunmaktadır.

Karacabey Ovası'nda en çok üretimi yapılan meyveler elma, ceviz, armut ve zeytin iken, en çok üretimi gerçekleştirilen sebzeler biber, salçalık domates, kuru soğan ve karpuzdur. Yanı sıra soğan ve patates üretiminde gelişen ilçede, meyvecilik ve sebzecilik de gelişmiştir. Hayvancılığın ileri seviyede gelişmişlik gösterdiği Karacabey'in at ve koyun yetiştiriciliği ile ünlü harası ilçenin önemli markalarından biri durumundadır. Karacabey ve Mustafakemalpaşa arasındaki bölgede bulunan ve 98 000 hektar araziye sahip Türkiye Jokey Kulübü Karacabey Pansiyon Harası, Türkiye'nin en büyük hayvan yetiştirme ve ıslah çiftliklerinden birisi durumundadır. Türkiye'nin en iyi yarış atları bu harada yetiştirilmektedir. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) de Karacabey'de at yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'deki at varlığının %1,36'sı ilçede yer almaktadır. Karacabey ilçesi hindi yetiştiriciliğinde de Türkiye içerisinde %5,60 oranında bir paya sahip bulunmaktadır. Karacabey bu özellikleriyle Bursa tarımı içerisinde en yüksek tarımsal üretim miktarını gerçekleştiren ilçe olmakla birlikte, Türkiye tarımında da önemli bir yer tutmaktadır. Karacabey nüfusunun büyük bir kesimi tarımla uğraşmakta olup, ilçe ekonomisinde tarım sektörü büyük ağırlık teşkil etmektedir.

Karacabey ilçesi toplam 1 093 178 dekar alana sahip olup, bu alanın 776 774 dekarını tarım (ekilebilir uzun ömürlü çayır ve mera) ve 316 434 dekarını Orman arazileri oluşturmaktadır. Ova, Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Manyas olmak üzere üç ayrı sulama bölgesine bölünmektedir.

Polikültür tarımın yapıldığı, ürün deseninin çok farklı olduğu Karacabey İlçesi'nde; Türkiye salçalık domates üretiminin %16,94'ü, pırasa üretiminin %15,83'ü, brüksel lahanasının %16'sı, taze bakla üretiminin %11,18'i, karnabahar üretiminin %11,08'i, bezelye üretiminin %7,07'i ve badem üretiminin %1,29'u gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2024). Yanı sıra fiğ ve diğer yeşil ot üretiminin %4,63'ü bu bölgede gerçekleştirilmektedir.

Bu noktada, nüfus, gelir, eğitim, sağlık, tarım, kültür gibi bileşenlerden oluşan "sosyo-ekonomi" kavramı önem kazanmaktadır. Sosyo-ekonomi; topluma dinamizm kazandırma, toplumsal dönüşüm ve değişime destek olma, ekonomik ve politik istikrara katkıda bulunma ve yaşam memnuniyetini geliştirme bakımlarından sağladığı bütüncül etki dolayısıyla toplumların itici gücünü oluşturmaktadır. Her açıdan toplumun tüm kesimlerini ve dünya sistemini yakından ilgilendiren sosyo-ekonomi; yaşam memnuniyeti ve sürdürülebilir bir kalkınma için de temel belirleyici faktör olmaktadır (Gladwin vd., 1995). Bölgesel gelişme politikalarının izlenmesi ve gelişmesinde öne çıkan araçlardan biri olarak işlev görmektedir (SEGE, 2019). Buna ilaveten bu tür sosyo-ekonomik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, uygulanan politikaların başarı düzeylerini ortaya koymakla birlikte, sürdürülebilir sosyo-ekonomik ilerleme amacına hizmet etmekte ve güncel politikaların oluşturulabilmesine zemin hazırlamaktadır (Albayrak, 2005).

Bu noktada, tarım özelinde Türkiye'de de kırsal bölgelerin kalkınması ve kalkınmanın sürdürülebilmesi için gelecek odaklı politikaların izlenmesi, sosyo-ekonomik göstergeler açısından olumlu ilerlemeler getirecektir. Bu kapsamda, araştırmada bahsedilen sosyo-ekonomik göstergeler doğrultusunda ilk olarak Karacabey ilçesinin tarımsal sosyo-ekonomik yapısı incelenerek ilçenin mevcut potansiyelinin geliştirilmesine yönelik stratejilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sonrasında ise, tarımsal işletmelerin ve üreticilerin sosyo-ekonomik ve kişisel karakteristikleri, ekonomik sermaye

durumlarının belirlenmesi amaçlanmış, yıllık faaliyet sonuçlarının ortaya konması, tarım işletmelerinin ekonomik sermaye varlıklarının belirlenmesi ve brüt kâr düzeylerinin ortaya konulmasıyla, bölgede uygulanması gereken tarım politikalarının tartışılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Ekonomik analiz çalışmasında, tarım işletmelerinden elde edilen verilerin doğru sonuçlara ulaşmada büyük önem taşıdığı bilinmektedir(Üçpınar, 2016). Bu amaçla araştırmada veri toplama aracı olarak anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında gayeli örnekleme tekniğine dayanarak, ölçüm yapılması gerekli örneklem büyüklüğü 228 adet bulunmuştur. Örneklem genişliği arttıkça örnekleme hatasındaki oranın düştüğü bilinmektedir. Bu kapsamda tarım sektöründe faaliyet gösteren 240 üretici ile yüz yüze görüşme yapılmıştır. Araştırma kapsamı içerisinde oluşturulan anket soruları literatürdeki çeşitli araştırmalara dayanarak (Oppenheim 1966; Wilson ve McClean, 1995; Aiken, 1997; Crucefix, 1998; Burgess 2001; Uzel ve ark., 2017) ve araştırma kapsamındaki bölgenin özellikleri göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Literatür araştırması sonrasında elde edilen veriler ışığında oluşturulan anket soruları ve elde edilen görüşme sonuçları araştırmanın birincil materyalini oluşturmuştur. İkincil veriler olarak da Bursa ili ve Karacabey İlçesi tarımsal altyapısı ve özelliklerinin belirlenebilmesi noktasında akademik makaleler ve araştırmalara başvurulmuştur. Elde edilen veriler SPSS istatistik programı ile analiz edilmiştir. Bursa Tarım İl Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre, Karacabey İlçesi'nde ÇKS'ye kayıtlı 3152 çiftçi tarımsal üretim faaliyetinde bulunmaktadır. Bu kapsamda hedef kitledeki üretici sayısının bilinmesi sebebiyle "Gayeli Örnekleme" yöntemi seçilmiş, araştırmanın yürütüleceği köylerin belirlenmesinde de "Gayeli Örnekleme" yöntemi ile araştırmanın yürütüleceği 18 köy gayeli olarak belirlenmiştir. Gayeli örnekleme yöntemi temelinde köylerin seçiminde Çiftçi Kayıt Sistemi(ÇKS)'ye kayıtlı çiftçi sayısı, toplam arazi büyüklüğü verilerinden yararlanılmış ve araştırmaya konu olan üretici sayısı tespit edilmiştir. Bu veriler kapsamında faaliyet yürüten tüm tarım işletmeleri araştırmanın ana kitlesini oluşturmuş ve görüşme gerçekleştirilmesi gerekli örnek sayısı 228 olarak tespit edilmiştir. Olayın görülüş sıklığını incelediğimiz ve evrendeki eleman sayısını bildiğimiz durumlarda aşağıdaki örneklem formülasyonu kullanılmaktadır(Vural, 2015).

$$n = N \cdot t^2 \cdot pq / d^2 (N-1) + t^2 \cdot pq \quad (1)$$

Burada;

N: hedef kitledeki birey sayısı

n: Örnekleme alınacak birey sayısı

p: İncelenen olayın görülüş sıklığı (gerçekleşme olasılığı)

q: İncelenen olayın görülmeyiş sıklığı (gerçekleşmeme olasılığı)

t: belirli bir anlamlılık düzeyinde, t tablosuna göre bulunan teorik değer

d: olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen örnekleme hatasıdır. Buradan hareketle

gerçekleştirilen hesaplamada

$$n = 3152 \times 3,8416(0,20.0,80) / (0,0025 \times 3152) + 3,8416(0,20.0,80)$$

n= 228,01 olarak bulunmuştur.

240 kişi ile yüz yüze görüşme gerçekleştirilerek soru formları uygulanmıştır.

Araştırılan tarımsal işletmelerin ekonomik sermaye yapıları belirlenirken anket formlarından elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Sermaye yapılarını belirlemede kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir.

Araştırma konusu işletmelerin sermaye yapıları temele alınmış, aktif ve pasif sermaye şeklinde iki kategori altında incelenmiştir. Aktif sermaye, işletme ve arazi sermayesinden meydana gelmektedir. Pasif sermaye ise öz sermaye ve yabancı sermayeden oluşmaktadır. Aktif sermayeden borçların çıkarılmasıyla öz sermaye belirlenmiştir. Yabancı sermaye ise, reel borçlara kiralanan arazi değeri eklenerek bulunmuştur.

Yıllık faaliyet sonuçlarına dayalı hesaplanan gayrisafi üretim değeri(GSÜD) ise tarımsal faaliyet sonucu elde edilen bitkisel ve hayvansal üretim değeri ile elde edilen ürün miktarlarının birim fiyatlarının çarpılması sonucu bulunmuştur.

Araştırma konusu tarımsal işletmeler, kırsal alanlarda faaliyet göstermekte, bitkisel ve hayvansal üretim gerçekleştirmektedir. Üreticiler elde ettikleri brüt kâr temelinde 4 ana gruba

bölünmüştür. 100.000-200.000 TL arası gelire sahip olan işletmeler 1. grupta, 200.000-300.000 TL arası gelire sahip olan işletmeler 2. grupta, 300.000-400.000 TL gelire sahip olan işletmeler 3. Grupta, 400.000 TL ve üzerinde geliri olan işletmeler ise 4. grupta bulunmaktadır. Brüt kâr, gayri safi üretim değerinden değişen masrafların çıkarılması ile hesaplanmaktadır. Brüt kâr, üretim faaliyetlerinin rekabet gücünü ve işletme başarısını ortaya koymada önemli bir ölçüt olarak kabul edilmektedir(Erkuş ve ark, 1990).

Görüşme gerçekleştirilen işletmelerin, kooperatiflere ve bankalara olan borçları işletme sahiplerinin beyanları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Üreticilerin para mevcudu ve alacaklarını beyan etmemeleri nedeniyle bu kalemler hesaplanamamıştır. Yanı sıra tarımsal işletmelerdeki, yaş, nüfus, cinsiyet, eğitim ve tarımsal örgütlere üyelik durumları incelenmiştir.

Araştırma konusu tarımsal işletmelerin ekonomik sermaye yapıları ortaya konulurken anket formları aracılığıyla elde edilen bilgilerden yararlanılmıştır. İşletmelerin sermaye yapısı ve bileşenlerini belirlemede çeşitli yöntemlere başvurulmuştur. Tarımsal işletme sermayesinin önemli bir kısmını toprak sermayesinin oluşturduğu belirlenirken, araştırma konusu işletmelerin aynı ölçekte karşılaştırılması için arazi kirası ve borçların kapsam dışında tutulduğu kabul edilmiştir. Çiftçi beyanları esas alınarak, arazilerin yerel düzeyde alım ve satım yılsonu kapanış değerleri alınmış ve toprak sermayesi belirlenmiştir (Erkuş, 1979). Toprak sermayesinin belirlenmesi, araştırma konusu tarımsal işletmelerin aynı ölçekte karşılaştırılmasının yapılabilmesi için arazi kirası ve arazi borcundan arındırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kiracılık ve ortakçılık ile ekilen arazilerin değeri, aktif ve pasif sermaye değeri içinde gösterilmiştir (Erkuş, 1979).

Bitki sermayesi değerlemesinde, çıplak toprak kıymeti kapsam dışı tutularak, verim dönemi gelmemiş meyveli ağaçlarda tesis masrafları dikkate alınmış, verim çağına ulaşmış olan meyveli ağaçlarda ise verim değeri ve işletmecinin beyanı dikkate alınmıştır. Meyvesiz ağaçların değerlemesinde, kesim yaşında olmayan ağaçlarda tesis masrafı dikkate alınmış, kesim yaşına ulaşmış olan ağaçlarda ise odun değeri üzerinden hesaplama yapılmıştır.

Kiracılık-ortakçılık vasıtası ile işlenen arazinin değeri, aktif sermaye değeri ve pasif sermaye değeri içerisinde ortaya konmuştur.

Bina sermayesi değerinin belirlenmesinde, yeni binalar için işletme sahibinin ifade ettiği maliyet bedeli dikkate alınmış, eski binalar içinse yeniden inşa bedellerine dayanarak yıpranma süreleri dikkate alınmıştır (Şahinli, 2011). Tarla demirbaşı da, maliyet masrafları göz önüne alınarak belirlenmiştir (Erkuş, 1979).

Alet ve makina sermaye değerinin belirlenmesinde, yeni alet ve makinaların değerleri maliyet bedeline göre belirlenirken, eski makinalar için mevcut durumları dikkate alınarak, anket tarihindeki alım satım değerleri üzerinden hesaplama yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma konusu işletmelerde üreticilerin yaş ortalaması 53,64, deneyim ortalaması ise 26,28 yıl düzeyinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Araştırma bulgularına göre, Türkiye genelindeki oran olan 58 yaş düzeyinin altında bir değer görülmektedir. Ancak yine de elde edilen sonuçlar orta yaş üstü bir tarım sektörü istihdamına işaret etmekte olup, sektörün gençleşmesi ve genç üreticilerin artması hedefleriyle örtüşmemektedir. . Zira kentleşme ve yaşlanmanın tarımsal işgücü ve tarım sektörü üzerinde önemli yansımaları olması beklenmektedir. Bu kapsamda nüfus dinamiklerinin sektörel gıda güvenliğini sağlayabilecek sürdürülebilir kalkınma planları ile paralel olması beklenmektedir(Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023)

Çizelge 1. Üreticilerin yaşı ve deneyimi
Table 1. Producers age and experience

	1.Grup (n=60)	2.Grup (n=60)	3.Grup (n=60)	4.Grup (n=60)	Genel (n=240)
Üreticilerin Yaş ortalaması	58,42 (22,34)	52,65 (10,76)	52,68 (10,21)	50,81 (11,32)	53,64 (10,90)
Üreticilerin Deneyim Ortalaması	28,92 (8,88)	27,56 (9,71)	25,45 (11,35)	23,20 (11,32)	26,28 (10,45)

(Parantez içerisinde standart sapma değerleri gösterilmektedir)

Araştırma konusu işletme gruplarında ilk gruptaki üreticilerin öğrenim durumu %51,6 ile ilköğretim düzeyindedir. %29,5 lise ve %17,9 yüksekokul düzeyindedir. Lisans ve lisansüstü öğrenim

seviyesinin ise çok düşük bir oranda olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu kapsamda tarım sektöründeki eğitim seviyesi başlığının ele alınması gerektiğini göstermektedir. . Kırsal alanda üreticilere yönelik eğitim çalışmaları yapılmalı, üreticilerin eğitim ve bilinç seviyelerinin yükseltilmesi sağlanmalıdır(Karlı ve ark., 2018).

Çizelge 2. Üreticilerin Öğrenim Durumları

Table 2. Producers educational status

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup (n=240)		Genel	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
İlköğretim	40	66,6	32	53,3	27	45	25	41,6	124	51,6
Lise	14	23,3	18	30	21	35	18	30	71	29,5
Yükseköğretim	6	10	10	16,6	12	20	15	25	43	17,9
Lisans	-	-	-	-	-	-	2	-	2	0,83
Lisansüstü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	60	-	60	-	60	-	60	-	240	-

Çizelge 3. Araştırma konusu işletmelerde tarımsal örgütlere üyelik durumu

Table 3. Membership situation to agricultural organizations in the research subject businesses

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Herhangi bir tarımsal örgüte üye olanlar	40	66,6	42	70	42	70	41	68,3	165	68,75
Tarımsal örgütlerde yöneticilik yapanlar	3		3		-		2		8	3,33
İşletmede tarım dışı çalışanlar	35		32		20		28		115	47,9

Örgütlenme problemi tarım sektörünün de başlıca sorunları arasında yer almaktadır. Yeterli düzeyde örgütlenememiş bir tarım sektörü adil gelir dağılımından da hak ettiği payı alamamaktadır. Bu kapsamda araştırmaya konu işletme gruplarında; tarımsal örgütlere üye olan üreticilerin oranı %68,75 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Tarımsal örgütlerde yöneticilik yapanlar %3,33 oranında ve işletmelerde tarım dışı çalışanlar ise %47,9 oranındadır. Elde edilen sonuçlar tarım bölge araştırma sahasındaki tarım sektörünün üçte birinin örgütsüz bir durumda olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Araştırma konusu işletmelerde nüfusun yaş gruplarına göre dağılımı

Table 4. Distribution of the population in the research subject businesses by age groups

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
7-14	6	10	10	16,6	4	6,66	12	20	32	13,3
15-49	29	48,3	32	53,3	40	66,6	52	86,6	153	63,7
50-70	24	40	18	30	16	26,6	8	13,3	66	27,5
71+	1	1,6	-	-	-	-	-	-	1	0,41
Toplam	60	-	60	-	60	-	60	-	240	-

Ele alınan işletme sahiplerinin aile bireylerindeki yaş ortalamasının %13,3'ü 7-14 yaş grubunda bulunmaktadır. Bu durum sektördeki çocuk işçi sorununu da ortaya koymaktadır. Türkiye genelinde 5-17 yaş grubundaki çocuk sayısı 16 milyon 457 bin kişi olarak tahmin edilmektedir. 5-17 yaş grubunda bulunan çocukların %4,4 ü (720 bin kişi) ekonomik olarak gelir getiren bir işte çalışmakta, çalışan çocukların %79,7'sini 15-17, %15,9'unu 12-14, %4,4'ünü ise 5-11 yaş grubundaki çocuklar oluşturmaktadır. Cinsiyete göre incelendiğinde, istihdam edilen çocukların %70,6'sını erkek, %29,4'ünü ise kız çocukların oluşturduğu belirlenmiştir. Ekonomik işlerde çalışan çocukların %30,8'i (221 bin kişi) tarım, %23,7'si (171 bin kişi) sanayi ve %45,5'i (328 bin kişi) hizmet sektöründe faaliyet göstermektedir(TÜİK, 2020). Söz konusu işletmelerin %63,7'si 15-49 yaş grubunda, %27,5 ise 50-70 yaş grubunda bulunmaktadır. Üreticilerde orta yaş düzeyi korunmaktadır ancak gittikçe yaşlanan bir tarım sektörü gözlenmektedir.

Çizelge 5. Araştırma konusu işletmelerde arazi tasarruf biçimi

Table 5. Land use patterns in the research subject businesses

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4. Grup		Genel (n=240)	
	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%
Mülk arazi	92.65	88,1	62.47	68,3	68.42	81,4	50.95	62,5	68,62	75,8
Kira veya ortakçılığa tutulan arazi	10.42	9,9	28.73	31,4	9.35	11,1	18.32	22,4	16,70	18,4
Kira veya ortakçılığa verilen arazi	2.01	1,9	0.25	0,27	6.23	7,4	12.21	14,9	5,17	5,7
Toplam İşletme arazi	105,08	100	91,45	100	84	100	81,48	100	90,49	100

Araştırma konusu işletmelerin arazi tasarruf biçimlerine bakıldığında %75,8 ile büyük oranda mülk arazi sahibi oldukları görülmektedir. İşlenen arazilerin %16,70'i kira ve ortakçılığa verilen arazidir. %30 oranından fazla bir üreticinin kendi topraklarına sahip olmadan üretim gerçekleştirdikleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlar tarımda uzmanlaşma ve üretim ölçekleri konusunu gündeme getirmektedir. Tarım işletmelerinin küçük ölçekli olması, arazinin parçalı ve dağınık olması bireysel üreticinin maliyetlerini yükseltmektedir(Kalkınma Bakanlığı, 2018). Bu kapsamda Yeterli ölçekte doğaya uyumlu üretimin artırılması hedefleri kapsamında ele alınması gerekmektedir(Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

Çizelge 6. Ortalama arazi varlığı

Table 6. Average land size

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup (n=240)		Genel	
	Ort.	S.S	Ort.	S.S	Ort.	S.S	Ort.	S.S	Ort.	S.S
Ortalama arazi büyüklüğü(da)	95.26	72.74	97.15	100.25	88.58	52.55	85.15	65.70	91,53	75,15
Ortalama parsel sayısı(adet)	7.21	5.02	5.16	2.75	6.90	3.10	8.03	3.62	6,82	3,41

Araştırma konusu işletmelerin ortalama arazi büyüklüğü 91,53 da düzeyinde bulunmuştur. Ortalama parsel sayısı ise 6,82 adet düzeyinde belirlenmiştir(Çizelge 6). Elde edilen rakamlar Türkiye ortalamalarının bir miktar üzerinde olup, büyük ölçüde 20-100 da arasındaki dağılım gösteren Türk tarım sektörü yapısı ile örtüşmektedir.

Tarımsal işletmelerin %71,13'ünün sulanabilir arazi olduğu, %29,02'sinin ise sulanamayan, kuru arazi durumunda olduğu gözlenmiştir(Çizelge 7). Bu oran %81,13 olan Türkiye sulanabilir tarım arazisi oranının altında kalmaktadır.

Çizelge 7. Ortalama arazi neveleri varlığı ve dağılımı

Table 7. Average land types presence and distribution

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%	Dekar	%
Sulu arazi	48.42	46,56	75.72	74,94	80.52	83,84	73.75	81,65	69,60	71,13
Kuru arazi	55.56	53,43	25.32	25,05	15.52	16,15	17.22	19,06	28,40	29,02
Toplam	103,98	100	101,04	100	96,04	100	90,32	100	97,84	100

Araştırmaya konu işletmelerde, işletme başına düşen ortalama hayvan varlığı 6,58 baş inek, 5,45 baş buzağı, 8,76 baş koyun, 18,72 tavuk şeklinde ölçümlenmiştir(Çizelge 8). Büyükbaş hayvan varlığının küçükbaş varlığına oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Besicilik ve süt sığırcılığı faaliyetlerinin payı burada önem taşımaktadır. Küçükbaş hayvancılıkta elde edilen düşük üretim oranları ise küçükbaş hayvancılık üretiminin son süregelen yıllardaki azalma trendi ile paralel ortaya çıkmıştır. Küçükbaş hayvancılığa gereken önemin verilmemesi Türkiye'de hayvancılık alanındaki temel problemlerden birisini teşkil etmekte ve talep açıklarının karşılanamamasında etken olmaktadır. Türkiye'deki benzer küçükbaş hayvancılık üretim trendi düşüşünün diğer dünya ülkelerinde benzeri bir süreç literatürde ve güncel dünya üretim trendlerinde tespit edilememiştir.

Çizelge 8. Hayvan varlığı

Table 8. Animal assets

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	Baş	S.S	Baş.	S.S	Baş	S.S	Baş	S.S	Baş	S.S
İnek	6,21	7,82	6,19	8,22	5,73	5,85	8,22	10,31	6,58	8,32
Buzağı	5,52	6,73	5,43	8,35	4,40	4,77	6,45	8,42	5,45	6,31
Düve	2,80	3,15	2,55	5,15	2,90	3,33	3,85	5,65	3,02	4,45
Boğa	0,75	1,52	2,82	6,96	1,40	3,75	2,22	3,46	1,77	5,53
Koyun	2,45	4,30	2,41	6,83	1,82	5,32	2,72	9,30	2,35	8,76
Kuzu	-	-	0,15	0,58	0,06	0,30	1,95	9,32	0,54	4,52
Koç	-	-	0,8	0,50	-	0,00	0,6	0,40	0,35	0,42
Keçi	6,05	32,33	-	1,25	0,15	0,56	-	-	1,55	11,21
Horoz	0,72	1,02	0,60	1,32	0,92	2,88	1,52	4,35	0,94	1,90
Tavuk	9,32	12,45	4,66	8,67	8,45	16,72	16,42	30,45	9,71	18,72

Çizelge 9. Alet-makine varlığı

Table 9. Machinery assets

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	Adet	S.S	Adet	S.S	Adet	S.S	Adet	S.S	Adet	S.S
Traktör	0,98	0,77	1,15	0,81	1,10	0,75	1,30	0,70	1,13	0,52
Pulluk	0,62	0,68	0,95	0,79	0,95	0,72	1,20	1,01	0,93	0,81
Pulverizatör	0,44	0,58	0,86	0,72	0,80	0,76	0,90	0,75	0,75	0,65
Mibzer	0,25	0,55	0,50	0,60	0,60	0,78	0,65	0,63	0,50	0,63
Kültivatör	0,22	0,45	0,42	0,49	0,36	0,51	0,32	0,42	0,33	0,42
Çizel	0,30	0,42	0,60	0,56	0,40	0,50	0,45	0,60	0,43	0,55
Ot toplama makinesi	0,15	0,37	0,05	0,22	0,20	0,41	0,25	0,52	0,16	0,30
Ot biçme makinesi	0,15	0,37	0,05	0,22	0,20	0,41	0,25	0,52	0,16	0,30
Çapa makinesi	0,35	0,50	0,45	0,55	0,40	0,60	0,45	0,56	0,41	0,53
Diskaro	0,25	0,52	0,55	0,58	0,60	0,78	0,50	0,63	0,47	0,60
Yem karma makinesi	0,15	0,38	0,15	0,35	0,35	0,40	0,30	0,43	0,23	0,49

Araştırma konusu işletmelerde pek çok mekanizasyon ekipmanının bulunduğu görülmekle birlikte, işletme başı ortalama 1,13 düzeyinde traktöre sahip olduğu belirlenmiştir(Çizelge 9).

Araştırma konusu tarımsal işletmelerde ortalama toplam toprak sermayesi 4.542.098 TL düzeyinde ölçülmüştür. Söz konusu sermaye grubunun %77,7'si mülk arazi, %22,4'ü ise ortak/kiraya tutulan arazi şeklindedir(Çizelge 10).

Çizelge 10. Arazi sermayesi

Table 10. Land capital

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup (n=240)		Genel	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
Mülk arazi	2.806.061	85,5	2.705.456	54,8	5.032.115	92,2	3.550.465	78,8	3.523.524	77,7
Ortak/kiraya tutulan arazi	475.332	14,48	2.223.442	45,1	422.650	7,744	952.875	21,15	1.018.574	22,4
Toplam toprak sermayesi	3.281.393	100	4.928.898	100	5.454.765	100	4.503.340	100	4.542.098	100

Araştırma konusu işletme sahiplerindeki en büyük bina sermayesi grubunun konut sermayesi olduğu görülmüştür. Bina sermayesi içerisinde konut sermayesinin oranı %71,5 düzeyindedir. Onu %24,5 oran ile ahır sermayesi izlemektedir(Çizelge 11).

Çizelge 11. Bina sermayesi

Table 11. Facility capital

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup (n=240)		Genel	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
Konut sermayesi	890.250	68,9	923.325	70,8	680.653	78,8	870.350	69,8	841.144	71,5
Ahır sermayesi	344.625	26,6	315.320	24,2	152.155	17,6	320.450	25,7	283.137	24,08
Samanlık sermayesi	30.255	2,34	42.452	3,25	27.345	3,16	40.250	3,23	35.075	2,98
Depo veya ambar sermayesi	24.750	1,91	19.750	1,51	1.750	0,20	12.450	1,0	14.675	1,24
Kümes sermayesi	1.520	0,11	1.725	0,13	975	0,11	2.250	0,18	1.617	0,13
Toplam bina sermayesi	1.291.400	100	1.302.572	100	862.870	100	1.245.750	100	1.175.648	100

Hayvan sermayesi grubunda en büyük oranı 510.410 TL ortalama değer ve %92,2 oran ile büyükbaş hayvan sermayesi grubu oluşturmaktadır(Çizelge 12). Küçükbaş hayvan sermayesi ve kümes hayvanları sermayesi çok düşük düzeylerde gerçekleşmiştir.

Çizelge 12. Hayvan sermayesi

Table 12. Animal capital

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
Büyükbaş hayvan sermayesi	360.255	85,06	550.465	95,2	380.420	89,6	750.500	95,4	510.410	92,2
Küçükbaş hayvan sermayesi	45.500	10,74	15.520	2,68	21.170	4,98	17.500	2,22	24.922	4,50
Kümes hayvanları sermayesi	17.750	4,19	12.200	2,11	22.700	5,35	18.500	2,35	17.787	3,21
Toplam	423.505	100	578.185	100	424.290	100	786.500	100	553.120	100

Çizelge 13. Alet ve makine sermayesi

Table 13. Machinery capital

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
Traktör	150.765	75,1	260.500	61,89	310.150	66,73	520.239	81,2	310.413	71,97
Pulluk	11.145	5,55	14.850	3,52	16.725	3,59	15.550	2,42	14.567	3,37
Pulverizatör	9.250	4,61	20.100	4,77	15.300	3,29	19.100	2,98	15.937	3,69
Mibzer	6.500	3,24	25.700	6,10	27.700	5,96	23.200	3,62	20.775	4,81
Kültivatör	2.450	1,22	7.220	1,71	5.450	1,17	6.511	1,01	5.407	1,25
Çizel	8750	4,98	15.750	3,74	7.500	1,61	8.110	1,26	10.027	2,32
Ot toplama makinesi	1.600	0,79	22.800	5,41	1.550	0,33	5.000	0,78	7.737	1,79
Ot biçme makinesi	2.100	1,04	11.910	2,82	12.100	2,60	6.205	0,96	8.078	1,87
Çapa makinesi	1.350	0,67	20.050	4,76	22.250	4,78	15.100	2,35	14.687	3,40
Diskaro	3.100	1,54	11.925	2,83	9.725	2,09	17.777	2,77	10.631	2,46
Yem karma makinesi	3.550	1,77	10.050	2,38	36.300	7,81	3.708	0,57	13.402	3,02
Toplam	200.560	100	420.855	100	464.750	100	640.500	100	431.301	100

Alet-makine sermaye grubunda en büyük payı 310.413 TL ve %71,97 oran ile traktör sermayesi oluşturmaktadır(Çizelge 13).

Çizelge 14. İşletmelerin ortalama ekonomik sermaye varlıkları

Table 14. Average economic capital assets of the businesses

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
Toprak sermayesi	3.281.39	59,8	4.928.89	66,3	5.454.76	72,7	4.503.34	57,2	4.542.09	64,2
	3	5	8	2	5	9	0	9	8	7
Bina sermayesi	1.291.40	23,5	1.302.57	17,5	862.870	11,5	1.245.75	15,8	1.175.64	16,6
	0	5	2	2		1	0	4	8	3
Arazi ıslahı sermayesi	15.050	0,27	20.450	0,27	12.100	0,16	13.250	0,16	15.212	0,21
Bitki sermayesi	90.500	1,65	135.000	1,81	155.000	2,06	475.000	6,04	213.875	3,02
1.Çiftlik(arazi)sermayesi	4.678.34	85,3	6.386.92	85,9	6.484.73	86,5	6.237.34	79,3	5.946.83	84,1
	3		0		5	7	0		3	5
a.Hayvan sermayesi	423.505	7,72	578.185	7,77	424.290	5,66	786.500	10,0	553.120	7,82
b.Alet/makine sermayesi	200.560	3,65	420.855	5,66	464.750	6,20	640.500	8,14	431.301	6,10
c.Malzeme/mühimmat sermayesi	180.250	3,28	45.900	0,61	120.000	1,60	195.750	2,49	135.475	1,91
2.İşletme sermayesi	804.315	14,6	1.044.94	14,0	1.009.04	13,4	1.622.75	20,7	1.119.89	15,8
			0	6	0	6	0	0	6	
A.AKTİF SERMAYE(1+2)	5.482.65	100	7.431.86	100	7.493.77	100	7.860.09	100	7.066.72	100
	8		0		5		0		9	
A=B	5.482.658		7.431.860		7.493.775		7.860.090		7.066.729	
I.Yabancı sermaye	401.640	12,7	1.550.00	41,3	364.570	89	975.000	72,7	822.802,	22,3
		4	0	8				1	5	
II.Öz sermaye	2.750.50	87,2	2.195.39	58,6	2.950.00	11	3.571.88	27,2	2.866.96	77,7
	0	6	4	2	0		2	9	2	
B.PASİF SERMAYE	5.482.65	100	7.431.86	100	7.493.77	100	7.860.09	100	7.066.72	100
	8		0		5		0		9	

Araştırma konusu tarımsal işletmelerde, işletme ünitesi başına düşen aktif ve pasif sermayenin incelenmesi söz konusu işletmelerin ekonomik yapılarının daha iyi analiz edilebilmesini sağlamaktadır. 4 araştırma grubu içerisinde gözlenen sermaye grubu farklılıkları aktif ve pasif sermayedeki değişkenlikler, istikrarsız, heterojen bir tarımsal yapıyı ortaya koymaktadır. Gayrisafi üretim değeri ile tarım işletmelerinde üretilen bitkisel ve hayvansal ürünlerin değerleri ile bu üretim faaliyetlerinde yıl içerisinde meydana gelen prodüktif demirbaş kıymet artışlarından oluşan değer belirlenmektedir. Üretim gerçekleştiren işletmelerin en somut ekonomik başarısını gösteren brüt kâr değerine ulaşmadaki temel aşamalardan birisini teşkil etmektedir.

Çizelge 15. Araştırma konusu işletmelerde Gayri Safi Üretim Değeri

Table 15. Gross Domestic Product of reserach subject businesses

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel (n=240)	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
BGSÜD	205.700	69,5	260.500	74,37	410.750	71,7	695.000	89,5	392.987	76,5
HGSÜD	90.000	30,5	89.750	25,63	161.900	28,3	80.700	10,5	105.587	23,5
GSÜD	295.700	100	350.250	100	572.650	100	775.700	100	448.575	100

Dört araştırma grubunda da bitkisel üretim değeri daha yüksek payı oluşturmaktadır. Bu durum hayvancılık ağırlıklı gelişmiş ülkelerin tarımsal yapılarından farklılık arz etmektedir.

Çizelge 16. Araştırma Konusu İşletmelerde Brüt Kâr Miktarı

Table 16. Gross profit amount of research subejct businesses

	1.Grup		2.Grup		3.Grup		4.Grup		Genel	
	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%	TL	%
GSÜD	295.700	100	350.250	100	572.650	100	775.700	100	498.575	100
Toplam DM	110.525	37,3	115.700	33,03	190.250	33,2	165.850	21,3	145.581	29,1
Brüt Kâr(Yıllık)	185.175	62,7	234.550	66,97	382.400	66,8	609.850	78,7	352.993	70,9
Aylık Kâr	15.431	-	19.545	-	31.866	-	50.820	-	29.416	-

Tarımsal işletmelerin ekonomik başarısını en net gösteren değer brüt kâr miktarı olmaktadır. Bu kapsamda elde edilen brüt kârlar incelendiğinde birinci araştırma grubunda aylık brüt kârın 15.431 TL düzeyinde olduğu, dördüncü araştırma grubunda ise 50.820 TL düzeyinde olduğu görülmektedir(Çizelge 16). Ortalama brüt kâr düzeyinin ise yaklaşık 30.000 TL düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Tarımın sektörünün düşük katma değerli yapısı ve Türkiye’deki enflasyonist piyasa koşulları göz önüne alındığında, tarım sektörünün getirisinin beklenen seviyenin altına kaldığını söylemek mümkündür.

Sonuç ve Öneriler

Tarım sektöründe işletmecilik faaliyeti ve üretimin istikrarlı bir şekilde yürütülebilmesi için üreticilerin sosyo-ekonomik özelliklerinin, işletme bileşenlerinin iyi düzeyde belirlenmesinin ve bu doğrultuda gelecek odaklı politikaların uygulanmasının önemli ilerleme ve etkiler yarattığı bilinmektedir. Yapılan araştırmada, Bursa-Karacabey bölgesinde tarımsal faaliyet yürüten üreticilerin sosyo-ekonomik özellikleri belirlenmiş olup ekonomik sermaye düzeyleri tespit edilmiştir.

Araştırma konusu tarımsal işletmelerde üreticilerin yaş ortalaması 53,64 olup ortalama çiftçilik deneyimi 26,28 yıldır. (Gözüner, 2008) tarafından yürütülen araştırmada Türkiye geneli üretici yaş ortalaması 50.62 olarak tespit edilmiştir. Karacabey bölgesinde gerçekleştirilen araştırmaya göre ise üreticilerin yaş ortalaması daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar yıllar içinde süregelen yaş artışı trendine de işaret etmektedir. Bu noktada tarım sektörü istihdamında genç üreticilere yönelik teşviklere yer vermenin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Araştırmada üreticilerin %68,75’inin tarımsal örgütlere üye olduğu, %3,33’ünün tarımsal örgütlerde yöneticilik yaptığı, %47,9’unun ise tarım dışı işlerde faaliyet yürüttüğü belirlenmiştir. Bu doğrultuda üreticilerin büyük bir kısmının tarımsal örgütlere üye olmalarına rağmen bu örgütlerde aktif görev almadıklarını söylemek mümkündür. Yanı sıra araştırma grubu üreticilerin üçte birinin örgütsüz durumda olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda örgütlenme politikalarının geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen araştırma sonuçlarında, tarımsal işletme ortalamasına göre nüfusun % %63,7’si 15-49 yaş grubunda, %27,5 ise 50-70 yaş grubunda bulunmaktadır. Üreticilerde orta yaş düzeyi korunmaktadır ancak gittikçe yaşlanan bir tarım sektörü gözlenmektedir. Yanı sıra gerçekleştirilen görüşmelerde mevsimlik işçilerle birlikte çocuk işçi çalıştırıldığı ve çocuk işçi sorununa yönelik sosyal ve kamusal politikaların geliştirilmesi gerektiği görülmektedir.

Araştırma konusu işletme gruplarında üreticilerin ortalama öğrenim durumu %51,6 ile ilköğretim düzeyindedir. %29,5 lise ve %17,9 oranında yükseköğretim düzeyindedir. Elde edilen sonuçlar tarım sektöründeki ve kırsaldaki eğitim düzeyi düşüklüğü sorununu ortaya koymaktadır. Bu kapsamda kırsal alanlarda yaşayanlara ve üretim faaliyette bulunan üreticilere verilen resmi eğitime ek olarak; tarımsal yayım, tarımsal örgütlenme, tarımsal yeniliklerin öğretilmesi ve kullanımları, tarımsal işletmecilik gibi alanlarda da eğitimlerin verilmesinin tarımsal üretime olumlu yönden katkı sağlayabileceği söylenilebilir.

Araştırma konusu işletmelerin arazi tasarruf biçimlerine bakıldığında %75,8 ile büyük oranda mülk arazi sahibi oldukları görülmektedir. İşlenen arazilerin %16,70’i kira ve ortakçılığa verilen arazidir. %30 oranından fazla bir üreticinin kendi topraklarına sahip olmadan üretim gerçekleştirdikleri görülmektedir. (Şahinli, 2011) gerçekleştirdiği araştırmada, üreticilere ait mülk arazi varlığını %92,64 olarak belirlemiştir. Bu kapsamda 13 yıllık bantta üretici mülk sahipliğinde ciddi bir gerileme görüldüğünü söylemek mümkündür. Elde edilen sonuçlar tarımda uzmanlaşma ve üretim ölçekleri konusunu gündeme getirmektedir. Tarım işletmelerinin küçük ölçekli olması, arazinin parçalı ve dağınık

olması bireysel üreticinin maliyetlerini yükseltmektedir(Kalkınma Bakanlığı, 2018). Bu kapsamda Yeterli ölçekte doğaya uyumlu üretimin artırılması hedefleri kapsamında ele alınması gerekmektedir(Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Tarımsal işletmelerde üreticilere ait mülk arazi oranının yüksek olması, işletmeyi daha büyük ölçekli bir duruma getirmekte ve üreticinin sermaye durumunu pozitif yönde etkilemektedir. Bu kapsamda işletme ölçekleri konusunun derinlemesine ele alınması ve üretim verimleri ile birlikte değerlendirilerek güncel tarım politikası kararları alınması gerektiği görülmektedir.

Sermayenin tarım işletmelerindeki oranı ve yapısı, verimlilik ve üretici gelirlerini yükselten bir unsur olması sebebiyle büyük bir önem teşkil etmektedir. Bir üretim biriminin optimal üretim düzeyinde faaliyet yürütebilmesi için, o işletmede çeşitli sermaye öğelerinin belirli düzeylerde yer alması gerekmektedir. Bu kapsamda sermaye miktar ve öğelerinin incelenmesi, iktisadi değerlerin tespit edilebilmesinde de kolaylıklar sağlamaktadır(Aras, 1988). Araştırma sonucu 4 sermaye grubu içerisinde gözlenen farklılıklar, aktif ve pasif sermayedeki değişkenlikler, istikrarsız, heterojen bir tarımsal yapıyı ortaya koymaktadır. Bu kapsamda havza bazlı tarım politikalarının gündeme alınması ve üretim desenlerinin belirlenerek üretim gerçekleştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Türkiye, bölgeleri arasında, üretim yapısının tarımsal açıdan farklı özellikler gösterdiği bir ülkedir(Çınar, 2009). Bu yüzden Karacabey bölgesinde üreticilerin sosyo-ekonomik özelliklerini belirlemeye yönelik bu araştırmanın; Türkiye için örnek bir model olması, Türkiye'nin diğer bölgelerini ortaya koyabilecek şekilde yapılması ve istikrarlı bir üretimin oluşturulabilmesi noktasında faydalı sonuçlar ortaya çıkartması beklenmektedir. Özellikle kırsal bölgelerde faaliyet gösteren üreticilere yönelik sosyo-ekonomik durum ve özellikleri belirlemeye yönelik araştırmaların gerçekleştirilmesi sürdürülebilir kırsal kalkınma ve gıda güvenliğinin sağlanması ve arz-talep dengesi uyumlu, sürdürülebilir bir tarım sektörünün oluşturulabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen araştırmanın bölgede yeni olumlu gelişmeler meydana getirmesi beklenmekte ve hem ulusal hem bölgesel düzeyde karar vericilere yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Aiken, L. R., 1997. Questionnaires and inventories: Surveying opinion and assessing personality. New York: John Wiley&Sons, Inc. New York.
- Albayrak, A.S., 2005. Türkiye’de İllerin Sosyoekonomik Gelişmişlik Düzeylerinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle İncelenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1: 154-177.
- Anonim. 2024. T.C. Karacabey Kaymakamlığı. <http://www.karacabey.gov.tr/mahalli-idareler>
- Aras, A., 1988. Tarım Muhasebesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:436, İzmir.
- BEBKA. 2022. Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı Karacabey İlçe Raporu.
- Burgess, T., 2001. A general introduction to the design of questionnaires for survey research. Leeds.
- Crucefix, D., 1998. Organic Agriculture An Sustainable Rural Livelihoods In Developing Countries, Soil Association Bristol.
- Çınar, G., 2009. Üreticilerin Tarımsal Yayım ve Danışmanlık Hizmetleri İçin Ödeme İstekli Oldukları Ücretlerin Belirlenmesi: Aydın İli Örneği. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s.
- Erkuş, A., 1979. Ankara İli Yenimahalle İlçesinde Kontrollü Kredi Uygulaması Yapılan Tarım İşletmelerinin Planlanması Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 5: 709.
- Gladwin, T., James K., Krause, S.T., 1995. Shifting Paradigms for Sustainable Development: Implications for Management Theory and Research. Academy of Management Review. 4: 221-230.
- Kalkınma Bakanlığı. 2018. On Birinci Kalkınma Planı. Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim. Özel İhtisas Komisyon Raporu. Ankara.
- Karlı, B., Gül, M., Kadakoğlu, B., Gürsoy, A.K., 2018. Türkiye’de Tarımda Üretici Örgütlenmesinin Önemi ve Gelişimi. Akademia Sosyal Bilimler Dergisi. Özel Sayı-1.
- Köksal E.S., Çetin S., Demir A.O., Tunca E, Candoğan B.N., Aslan T.A., 2018. Bursa Karacabey Ovasında Son 25 Yılda Değişen Bitkisel Üretim Deseni ve Sulama Uygulamalarının Uzaktan Algılama ve ET Haritalama Tekniği ile Değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 32(2): 31-43.

- KKB. 2022. Türkiye Tarımsal Görünüm Saha Araştırması. Değerlendirme Raporu.
- SEGE. 2019. İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü.
- Oppenheim, A., 1966. Questionnaire design and attitude measurement. New York: Basic Books.
- Şahinli, M.A., 2011. Konya İlinde Koyunculuk Faaliyetine Yer Veren Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analiz ve Koyunculuk Faaliyetinde Etkili Olan Unsurların Saptanması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 105s.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. 2023. Tarım ve Ormancılık Alanında Yeni Trendler. İzleme ve Değerlendirme Başkanlığı Raporu.
- TUIK. 2020. Çocuk işgücü anketi sonuçları- <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33807>
- TUIK. 2024. Türkiye Ulusal İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Uzel, G., Turhan Ş., Madiyoh A., Çil. N., 2017. Bursa İli Mustafakemalpaşa Peynir Tatlısı Üreten İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Yapısı. Gıda ve Yem Bilimi – Teknolojisi Dergisi. 18:11-17.
- Üçpınar, F. 2016. Konya İli Derbent İlçesi Taze Fasulye Üretimi Yapılan Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Konya.
- Vural, H. 2015. Tarım ve Gıda Ekonomisi İstatistiği Ders Notu. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları. No:107.
- Wilson, N., McClean, S., 1995. Questionnaire design: A practical introduction. Newtown Abbey: University of Ulster Press.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/ Research Article

Biga İlçesinin Tarımsal Yapı ve Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi

Ünal Ürkmez^{1*} 

Gıyasettin Çiçek¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknoloji Mühendisliği, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: unalurkmez@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.02.2025

Kabul Tarihi: 16.06.2025

Öz

Bu çalışmada Biga ilçesinde üretim yapan tarımsal işletmelerin yapısal özellikleri, sahip oldukları arazi durumu, tarımsal ekipman varlığı ve bu ekipmanlara ait özellikler belirlenmiştir. Oransal örnekleme metodu uygulaması ile toplam 100 farklı işletme ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek bölgenin tarımsal mekanizasyon düzeyinin ortaya konması amaçlanmıştır. İlçede görülen tarımsal işletmelerin her birinde en az bir traktör olduğu belirlenmiştir. İşletme başına düşen traktör sayısı 1.53 olarak tespit edilmiştir. Tarla bitkileri üretimi ve hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı bölgede sahip olunan traktörlerin %33'lük bölümü 75 kW üzerindedir. Traktörlerin %89'u ekonomik kullanım ömür olan 15 yıldan daha yeni traktörlerden oluşmaktadır. İlçede tarımsal mekanizasyon düzeyi verileri incelendiğinde traktör başına düşen tarımsal alan 10.6 ha, 1000 hektar alana düşen traktör sayısı 93.7 adet, traktör başına düşen güç miktarı 65.1 kW, traktör başına düşen tarımsal ekipman sayısı ise 4.0 olarak tespit edilmiştir. İlçenin tarımsal mekanizasyon düzeyi ülkede gerçekleştirilen benzer çalışmalarda farklı bölgelere oranla yüksek seviyededir. Önceki yıllara kıyasla ilçenin tarımsal mekanizasyon seviyesinin yükseldiği görülmektedir. Traktör başına düşen tarımsal ekipman sayısı ise diğer bölgelerde yapılan çalışmalarda elde edilen verilere göre düşük seviyede kalmıştır. İşletmelerin makine parklarında tarımsal alet ve makine sayısını yeterli oranda artırmaları ile birlikte tüm kriterlerde Biga ilçesi tarımsal mekanizasyon düzeyinde ülkede ilk sıralarda yer alabilecek bir konumda olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Biga, tarım, traktör, mekanizasyon düzeyi, tarım makinaları, çiftçi

Determination of Agricultural Structure and Agricultural Mechanization Level of Biga District

Abstract

In this study, the structural characteristics of agricultural holdings operating in the Biga district, as well as the characteristics of the land and agricultural equipment they own, have been determined. A survey was conducted with a total of 100 agricultural holdings in the district with the proportional sampling method. The obtained data were evaluated to determine the level of agricultural mechanization in the region. It was determined that each of the agricultural holdings surveyed in the district had at least one tractor. The number of tractors per agricultural holding was determined to be 1.53. In the region where field crop production and livestock farming are intensively carried out, 33% of the tractors owned have an engine power of over 75 kW. 89% of the tractors are newer than 15 years, which is considered as the economic lifespan. When the agricultural mechanization level data in the district were examined, it was determined that the agricultural land per tractor was 10.6 ha, the number of tractors per 1000 hectares was 93.7, the power per tractor was 65.1 kW, and the number of agricultural equipment per tractor was 4.0. The agricultural mechanization level of the district is higher compared to similar studies conducted in other regions of the country. It can be observed that the level of agricultural mechanization in the district has increased compared to previous years. However, no high level was found in the number of agricultural equipment per tractor when compared to studies conducted in other regions. The results are similar to other regions and even remain lower than some areas. With an adequate increase in the number of agricultural tools and machinery in the holdings' equipment, Biga district will be in a position to rank among the top regions in the country in terms of agricultural mechanization level across all criteria.

Keywords: Biga, agriculture, tractor, mechanization level, agricultural machinery, farmer

Giriş

İlçe merkezi ve 107 adet köyden oluşan Biga ilçesi tarımsal üretimde toplam tarımsal işletme sayısı ve işlenilebilir arazi alanı büyüklüğünde ilçeler arasında birinci sıradadır. Biga tarımsal üretim kapsamında tarla tarımı, bahçe tarımı ve hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı bir ilçedir. İlçede 2013 yılında 10 523 tarımsal işletme, 2022 yılında ise 9033 tarımsal işletme bulunmaktadır (Ürkmez, 2013; Anonim, 2022). Nüfusun önemli bir bölümü tarımsal üretim ile ilgilenmektedir. Tarla işletmeleri, sebze üretimi yapan işletmeler, büyükbaş hayvan işletmeleri bakımından da Çanakkale ili içerisinde ilk sırada bulunmaktadır.

Tarım uygulamalarında birim alandan kayıpsız ve daha verimli ürün almak amacıyla tarımda makine kullanımı gerekmektedir (Altıkat ve Çelik, 2009). Ülkemizde tarımsal üretimde tarım makinalarının kullanımı giderek yoğunlaşmakta ve ileri teknolojiler üretime entegre olmaktadır. Bu durum tarımsal üretimin hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Tarımın sürdürülebilirliği açısından da makinalaşmanın artırılması ve hassas uygulamaya olanak sağlayan tarım makinalarının kullanılması gerekmektedir. Bu durumun uygulanabilmesi amacıyla ilk olarak bölgesel tarımsal mekanizasyon düzeylerinin belirlenmesi gereklidir.

Bu çalışma Çanakkale ili Biga ilçesine ait tarımsal yapının ortaya konması, işletmelere ait traktör ve ekipmanların tespit edilmesi ve hesaplanan değerler ile tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Biga ilçesinin tarımsal üretimde arazi alanı büyüklüğü ve tarımsal işletme sayısında Çanakkale ilinde birinci sıradadır. Bu kapsamda tarımsal yapının ve tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi hem Biga ilçesi hem de Çanakkale ili tarımı açısından önem taşımaktadır. Gerekli verilerin elde edilmesi amacıyla çiftçilerle yüzyüze görüşülerek anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Örnek hacmi belirlemesinde oransal örnekleme metodu uygulaması ile toplam 100 adet çiftçi ile görüşülmüştür. Çiftçilere ait bilgiler, sahip oldukları arazi özellikleri, üretimini yaptıkları ürün çeşidi gibi bilgilerin yanısıra makine sahiplik durumları irdelenmiştir. Örnek hacminin belirlenmesinde %95 güven aralığı, %5 hata payı ile çalışılması planlanmıştır. Örnek sayısının belirlenmesinde kullanılan formül aşağıda verilmiştir (Newbold 1995; Miran 2007; Özgünaltay Ertuğrul ve ark., 2019).

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{N - 1 * \sigma^2 p * (1 - p)} \quad (1)$$

Denklemden;

n: Örnek hacmini

N: Biga ilinde traktöre sahip işletme sayısını

p: Tahmin oranı (0.50 maksimum örnek büyüklüğü için)

σ^2 : Varyansı vermektedir.

Elde edilen veriler Ms Excel programına girilerek oluşturulan veri tabanı ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda bu çalışma ile Biga ilçesinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarımsal mekanizasyonun bir bölgede karakterize edilmesinin ve kullanım yoğunluğunun belirlenmesi açısından belirli kıstaslar mevcuttur. Bu kriterler ile o bölgeye ait tarımsal mekanizasyon düzeyi ortaya konmaktadır. Bir bölgedeki traktör başına düşen tarımsal alan büyüklüğü (ha/traktör), 1000 hektar tarımsal alan başına kullanılan traktör sayısı (traktör/1000 ha), birim alana düşen güç miktarı (kW/ha), traktör başına düşen makine sayısı (makine/traktör) gibi kriterler o bölgeye ait tarımsal mekanizasyon düzeyini göstermektedir (Koçtürk ve Avcıoğlu, 2007).

Tarımsal mekanizasyon düzeyi işletmelere ait traktör sayısı, traktör gücü, ekipman sayıları, işletmelerin işledikleri tarımsal alan büyüklükleri vb verilerin ortaya konulması ile uygun kriterlere göre belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çanakkale ilinin %13.8 kısmını kaplayan Biga ilçesi Çanakkale il merkezinin doğusunda, Marmara denizinin ise güney batısında yer almaktadır. Çizelge 1’de Çanakkale ve ilçerinin arazi dağılım oranları verilmiştir. İlçenin işlenilebilir arazi büyüklüğünün Çanakkale iline oranı %18.2’dir. Biga ilçesi

tarım sektöründe çalışan kişi sayısı 35847 ile Çanakkale’de ilk sıradadır. Tarım, ilçe nüfusunun %39’unun geçim kaynağını oluşturmaktadır. Bu oran Çanakkale ili genelinden (%32) daha yüksektir. Tarımla bağlantılı olarak çalışan sektörlerin kapsamlı oluşu ve İlçenin coğrafi konumu hesaba katıldığında tarımın ilçe ve il bazında önemi daha da artmaktadır.



Şekil 1. Biga ilçesi ve Çanakkale ilinin coğrafi konumu.

Figure 1. Geographical location of Biga District and Çanakkale Province

Üreticilere Ait Mesleki ve Eğitim Durumu Bilgileri

Gerçekleştirilen anket kapsamında yaş, eğitim durumu, tarım dışı istihdam durumları, tarımsal kooperatif üyelik durumları, tarım sektörü harici istihdam durumları ve gelir-gider kaydı içerikli gibi sorular üreticilere yöneltilmiştir. Yöredeki üreticilerin ortalama yaşı 49 olarak tespit edilmiştir. Eğitim durumları incelendiğinde üreticilerin büyük çoğunluğu lise mezunudur (%32). Bunu sırasıyla %28 ile ilkökul, %26 ile ortaokul, %12 ile üniversite mezunları takip etmektedir. Mezuniyeti bulunmayan fakat okur yazar olan üretici oranı ise %2 olarak belirlenmiştir. 2013 yılında Çanakkale ilinde yapılan çalışmaya (Ürkmaz, 2013) göre Biga ilçesinde 43 olarak belirlenen yaş ortalamasının 2023 yılında arttığı gözlemlenmektedir. Bu durum ilçede genç nüfusun tarıma olan ilgisinin azaldığı şeklinde yorumlanabilir. Eğitim durumu incelendiğinde, Ürkmaz (2013)’in yapmış olduğu çalışmada %59 ile ilkökul mezuniyetinin yoğun olduğu ve lise mezuniyetinin ise %9.52 olduğu, çalışmamızda öncelikli yıllara lise ve üniversite mezunlarının tarıma katkılarının arttığı gözlenmektedir. Bursa ili Orhangazi ve Gemlik ilçerinde yapılan üretici anketlerinde eğitim durumları Orhangazi ilçesinde sırasıyla %48 ilköğretim, %28 ilkökul, %20 lise, %4 üniversite olarak, Gemlik ilçesinde ise sırasıyla %38 lise, %32 ilköğretim, %18 ilkökul, %12 üniversite olarak belirlenmiştir (Duran ve Ünal, 2016). Biga ilçesinde eğitim durumunun Orhangazi ilçesinden yüksek, Gemlik ilçesinden ise düşük seviyede olduğu görülmektedir. Günümüz tarımının modern tarım tekniklerine olan ihtiyacının artması sebebi ile eğitim seviyelerinin artırılması gerekmekte ve genç üreticilerin tarıma katkısının teşvik edilmesi gerekmektedir. Üreticilerin %57’sinin sadece tarım işi ile ilgilendiği ve üreticilerin %67’sinin en az bir kooperatifine üye olduğu belirlenmiştir. Ayrıca üreticilerin %84 gibi önemli bir bölümünün gelir gider kaydı tutarak üretim ekonomisini bilinçli bir şekilde yaptığı görülmüştür. Bu durum üreticilerin kooperatif üyeliği ve gelir gider kaydı tutma açısından duyarlı olduğunu göstermektedir.

Ürün Deseni ve Arazi Dağılımı

Çalışmanın gerçekleştirildiği Biga ilçesinde yetiştiriciliği yapılan tarımsal ürün ve arazi özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’de görüldüğü gibi tarım alanlarının %82.1 gibi büyük çoğunluğu tarla tarımının yapıldığı arazilerden oluşmaktadır. Tarla arazilerinin %46.7’sini kuru tarım arazileri, %41.9’unu sulı tarım arazileri oluşturmaktadır. Tarla alanlarının %11.4’lük kısmı nadasa ayrılmış durumdadır. Meyve sebze tarımının gerçekleştirildiği alanların tüm alanlara oranı %17.9 olduğu belirlenmiştir. Arazi alanlarının işletme başına düşen ortalamaları incelendiğinde meyve-sebze alanlarının ortalama alan büyüklüğü 4.3 ha, tarla üretim alanlarının ise 11.13 ha olarak tespit edilmiştir.

Tüm alanlarda işletme başına düşen ortalama arazi büyüklüğü 18.4 ha olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte işletme başına düşen ortalama parsel sayısı 8.7 adet, bir parselin ortalama büyüklüğü ise 2.5 ha olarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda Çanakkale’de işletme başına düşen arazi büyüklüğünün 6.99 ha, Türkiye ortalamasının 6.09 ha, Çanakkale işletmelerinin sahip olduğu ortalama parsel sayısının ise 11 adet olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2022). Biga ilçesindeki tarımsal işletmelerin işletme başına ve parsel başına düşen arazi büyüklüğünün hem Çanakkale hem de Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Benzer iklim bölgesi sayılabilecek Avrupa Birliği ortalaması örneğinde 2013 yılında işletme başına 16.1 ha üretim alanı düşmektedir. Biga ilçesi ülkeler ortalamasının üzerinde bir değere sahiptir. Biga ilçesinde işletme başına düşen tarımsal alan Bulgaristan, Yunanistan, İtalya Portekiz, Polonya Hırvatistan, Romanya, Macaristan, Slovenya vb. ülkelerden yüksek olarak tespit edilmiştir (Popescu ve ark., 2017). Bu durum arazilerin tek parça olmasını teşvik eden arazi toplulaştırılması konusunda Biga ilçesinin daha iyi bir konumda olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Tarımsal işletmelere ait üretim alanları büyüklükleri

Table 1. Production area sizes of agricultural holdings

	Meyve- sebze alanı (ha)			Tarla üretim alanı (ha)				Toplam
	Sulu	Kuru	Genel	Sulu	Kuru	Nadas	Genel	
Toplam	177	152	329	637	710	173	1520	1849
Ortalama	4.1	3.5	4.3	12.7	10.0	17.3	11.1	18.5
Oran (%)	53.9	46.1	100	41.9	46.7	11.4	100	
Tüm araziye oranı (%)	17.9			82.1				100

Hayvan Varlığı

Biga ilçesi özellikle büyükbaş hayvan olmak üzere hayvan varlığında Türkiye’de öncü bölgelerdendir. Anket yapılan tarımsal işletme sahiplerinin %41’i büyükbaş veya küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapmaktadır. Büyükbaş veya küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapan çiftçilerin %41.46’sı yalnızca büyükbaş hayvan, %46.34’ü yalnızca küçükbaş hayvan ve %12.2’si ise hem büyükbaş hem de küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapmaktadır. Hayvan yetiştiriciliği yapan işletmelerde ortalama büyükbaş hayvan sayısı 45, ortalama küçükbaş hayvan sayısı 62 olarak tespit edilmiştir.

Biga İlçesi Traktör Varlığı ve Özellikleri

Tarımsal işletmelerin traktör varlığı Çizelge 2’de verilmiştir. Anket çalışması gerçekleştirilen işletmelerin büyük çoğunluğu (%65) bir traktöre sahiptir. Bunu sırasıyla 2 adet traktörü olanlar (%23) 3 adet traktörü olanlar (%10) ve 4 adet ve üstü traktörü olan işletmeler (%2) izlemiştir. Çalışmada işletme başına 1.53 traktör ortalaması tespit edilmiştir. Bu ortalamanın 2013 yılında yapılan çalışmada Biga ilçesi özelinde ve tüm ilçelerin ortalamasından yüksek olduğu belirlenmiştir (Ürkmez, 2013). Çiçek ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada işletme başına düşen traktör sayısını Çanakkale için 0.58 adet ve Biga için 0.6 adet bulmuşlardır. Benzer şekilde Biga’da işletme başına düşen traktör sayısı önceki yıllardaki çalışmalarda Kahramanmaraş ve Isparta illerinde bulunan işletmelerdeki aynı zamanda Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli’de bağcılıkla uğraşan işletmelerdeki işletme başına düşen traktör sayılarından da yüksek olduğu tespit edilmiştir (Gökdoğan, 2012; Korucu ve ark., 2015; Durgut ve Arın, 2005). Bu çalışmada diğer çalışmalara göre işletme başına düşen traktör sayısının yüksek çıkmasının en önemli nedeni anket çalışması yapılan tüm üreticilerin traktör sahibi olmasıdır.

Çizelge 2. İşletmelerin traktör varlıkları

Table 2. Distribution of tractors among agricultural holdings

Traktör adet aralığı	İşletme sayısı	Oran (%)
1	65	%65
2	23	%23
3	10	%10
4+	2	2

İşletmelerin sahip olduğu traktör gücü verileri Çizelge 3’te verilmiştir. Bölgede traktör gücünün yeterli seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Traktörlerin büyük çoğunluğu güçlü traktör sınıfına giren 75 kW ve üstü traktörlerden oluşmaktadır. Türkiye’de ve benzer şekilde Çanakkale’de güç bakımından traktörlerinin çoğunluğu 41-50 kW traktörlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi Konya,

Yozgat illeri ile Orta Anadolu bölgesinde de traktörlerin büyük çoğunluğunun 51-70 BG (yaklaşık 41-50 kW) aralığında olduğu belirlenmiştir. (Oğuz ve ark., 2017; Eryılmaz ve ark., 2014; Sağlam ve Kuş 2016). Batı Marmara bölgesinde (Baran ve ark., 2014) ve Niğde ilindeki (Saygılı ve Çakmak, 2021) traktörlerin çoğunluğunun 35-51 BG (yaklaşık 25-40 kW) aralığında olduğu belirtilmiştir. Çiçek ve ark. (2023) Tarım Bakanlığı ve TÜİK verilerini inceleyerek yaptıkları çalışmada Çanakkale ilinde en fazla traktörün Biga’da olduğunu ve bu traktörlerin çoğunluğunun bu çalışmada olduğu gibi 51-70 BG (yaklaşık 41-50 kW) arasında yer aldığını belirtmişlerdir. Bu kapsamda Biga ilçesindeki traktörlerin önemli bölümünün incelenen illerdeki traktörlerden güçlü yapıda olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Traktör güç özellikleri (kW)

Table 3. Power characteristics of tractors (kW)

Traktör Güç aralıkları (kW)	Traktör sayısı	Oran (%)
25-40	7	4.57
41-50	48	31.37
51-75	48	31.37
75 ve üstü	50	32.68
Toplam	153	100

Bölgedeki traktörlerin yaş aralıkları Çizelge 4’de gösterilmiştir. Traktörlerin yaş grupları incelendiğinde bölgedeki traktörlere ait yaş ortalaması 8.5 olarak belirlenmiştir. Traktörlerin ekonomik ömrü bazı araştırmacılar tarafından 15 yıl olarak belirtilmektedir (Tezer ve Sabancı, 1997). Çizelge incelendiğinde işletmelerin sahip oldukları traktörlerin %89.04’ünün ekonomik ömürlerini henüz tamamlamadıkları görülmektedir. Traktör ekonomik ömrünün 20 yıla denk geldiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Yılmaz ve Sümer, 2018). Traktör ekonomik ömrü 20 yıl olarak alındığında ekonomik ömrünü henüz tamamlamayan ve verimli çalışır halde bulunan traktörlerin oranı %96.58 gibi büyük bir orana yükselmektedir. İncelenen işletmelerin tarımsal üretimde yeni traktörleri kullanmaya özen gösterdiği görülmektedir. Konya ilinde yapılan çalışmada ekonomik ömür olan 15 yıldan düşük yaş grubuna sahip traktörlerin oranı %75.6 olarak belirlenmiştir (Oğuz ve ark., 2017). Bu kapsamda Biga ilçesinde traktör yaş ortalamasının daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Traktör yaş grupları

Table 4. Age groups of tractors

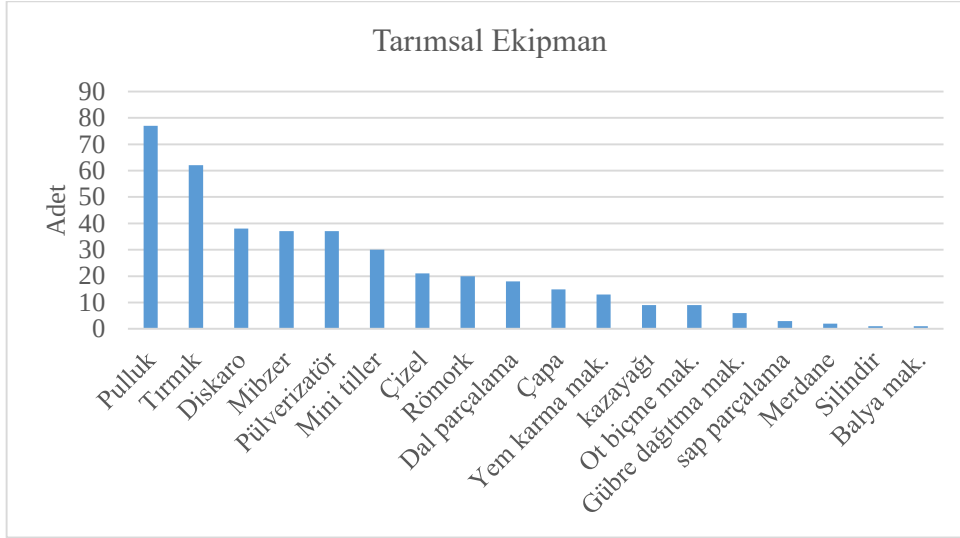
Traktör yaş aralıkları	Traktör sayısı	Oran (%)
<5	57	39.04
6-10	52	35.62
11-15	21	14.38
16-20	11	7.54
21-25	4	2.68
26-30	1	0.67
Belirtilmeyen	7	-
Toplam	153	100

İşletmelerin traktör edinme ve kullanma ve memnuniyet durumları hususunda satın alma şekilleri, ödeme şekli ve yenileme durumları incelenmiştir. İşletmelerin %60’lık bölümü traktörlerini banka kredisi aracılığı ile aldıklarını belirtmişlerdir. İşletmelerin %28’i peşin olarak satın alırken geri kalan %12’lik kısmının ise diğer yöntemleri tercih ettikleri belirlenmiştir. İşletmeler traktör satın alınırken sıfır traktör tercih etmektedirler. Sıfır alınan traktörlerin oranı %75.4’tür. Bununla birlikte işletmeler sahip oldukları traktörlerin %87.3’lük kısmının gerçekleştirdikleri tarımsal işlemler açısından yeterince güçlü olduklarını belirtmişlerdir.

İşletmelere Ait Mekanizasyon Durumları ve Tarım Makineleri Varlıkları

İşletmelerdeki tarımsal ekipmanların varlığı Şekil 2’de gösterilmiştir. Buna göre işletmelerin en çok toprak işleme ekipmanlarına sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla, ekim makinası, ilaçlama makinası ve römork izlemektedir. Kullanımı yoğun görülen toprak işleme makinalarında en çok kullanılan ekipmanlar pulluk, dişli tırmık ve diskaro olarak belirlenmiştir. Tüm işletmelerde en az 1 adet toprak işleme makinası bulunmaktadır. Oran olarak incelendiğinde işletmelerin %77’sinde pulluk, %62’sinde tırmık %38’inde diskaro, %37’sinde ekim makinası ve %37’sinde pülverizatör

bulunmaktadır. İşletme başına düşen ekipman sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Çiçek ve ark. (2023) araştırmalarında benzer şekilde bu değeri Çanakkale için 4.19 ve Biga için 4.3 bulmuşlardır. Ayrıca araştırmacılar Biga ilçesinin işletme başına düşen ekipman sayısında Çanakkale’de ilk sırada yer aldığını belirtmişlerdir. Konya ilinde bu oran işletme başına 10.6 olarak belirlenmiştir (Oğuz ve ark., 2017). Konya iline kıyasla düşük bir işletme başına ekipman varlığı olduğu görülmektedir. Konya’da tarıma elverişli alanların fazla olması buna sebep olarak gösterilebilir.



Şekil 2. Biga ilçesindeki tarımsal işletmelerin makina parkında tespit edilen tarımsal ekipmanlar
Figure 2. Types of agricultural equipment found in farms in Biga District

Biga İlçesi Mekanizasyon Düzeyi Verileri

Bölgeye ait mekanizasyon düzeyinin belirtilmesi amacıyla kullanılan bir takım önemli kriterler bulunmaktadır. Özellikle en önemli tarımsal ekipman olan, diğer tarımsal ekipmanların tahrikinde ve uygulanmasında kullanılan traktör, bu kriterlerin belirlenmesinde kullanılan en önemli faktördür. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla traktör sayısı, traktör gücü, ekipman sayısı, ve işlenen tarımsal alan büyüklüğü gibi veriler dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Çizelge 5’de Biga ilçesinde yapılan ankete dayalı veriler ve literatürden elde edildiği şekilde Çanakkale Türkiye, AB değerleri verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tarımsal mekanizasyon düzeyi verilerinde Biga ilçesi birçok kriterde yüksek mekanizasyon düzeyine sahip bir ilçe olarak ön plana çıkmıştır.

Çizelge 5. Biga ve diğer bölgelere ait tarımsal mekanizasyon düzeyi verileri

Figure 5. Agricultural mechanization level data for Biga and other regions

Tarımsal Mekanizasyon Kriterleri	Biga	*Çanakkale	*Türkiye	*AB
İşletme başına düşen traktör sayısı	1.57	0.58	0.45	0.91
(traktör/işletme)				
İşletme başına düşen güç miktarı (kW/işletme)	71.2	25	27.48	-
Traktör başına düşen güç (kW/traktör)	65.1	39.9	41.47	73
1 traktöre düşen tarımsal alan (ha/traktör)	10.6	11.1	15.8	11.3
1000 hektar alana düşen traktör (traktör/1000 ha)	93.7	90	63	89
Traktör başına düşen alet-makine adedi (adet makine/traktör)	4	7.43	8.01	10
1 hektar başına düşen güç miktarı (kW/ha)	6.1	3.75	2.52	-

*Atıf yapılan kaynaklardan elde edilmiştir.

Kaynak: Oğuz ve ark.,2017; Anonim, 2022.

Daha önce belirtildiği gibi Biga ilçesinde işletme başına 1.53 adet traktör varlığının Çanakkale, Türkiye ve Avrupa birliğine oranla çok daha yüksek çıkmasına, anket yapılan işletmelerin tümünde traktör bulunmasının sebep olarak gösterilmesinin yanında, Biga yöresinde traktör ihtiyacının her işletme de eksiksiz karşılandığı da söylenebilir. Bu veri kıyaslamasında Biga ilçesini sırasıyla 0.91 traktör/işletme ile AB, 0.58 traktör/işletme ile Çanakkale ve 0.45 traktör/işletme ile Türkiye

izlemektedir. İşlenen tarımsal alana karşılık o alanlarda kullanılan traktör sayısı açısından yapılan değerlendirmelerde traktör başına düşen tarımsal alan (ha/traktör) ve her 1000 hektarlık alana düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha) hesaplamaları yapılmıştır. Biga ilçesi tarımsal alan başına düşen traktör sayısında Çanakkale, Türkiye ve AB'ye göre daha yüksek bir düzeye sahiptir. Bu kapsamda Çanakkale ve AB nispeten yakın seviyelerde sonuç vermiştir. İşletmelerin sahip oldukları traktörlerin yüksek güç grubuna ait traktörlerden oluşması, tarımsal işlemlerin daha hızlı, kolay ve elverişli ortamlarda yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum Biga ilçesinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin yüksek olduğu anlamına gelebilir.

Traktör güç grupları incelendiğinde Biga ilçesinin Çanakkale ve Türkiye geneli traktörlerine göre daha güçlü traktör gruplarından oluştuğu görülmekle birlikte, bu düzeyde AB en yüksek sonucu veren bölge konumundadır. Önceki yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde 1000 hektara düşen traktör sayısı Kırıkkale'de (2012 yılı) 26.39 adet (Yeşilyurt ve ark., 2013), Niğde'de (2019 yılı) 64.84 adet (Saygılı ve Çakmak, 2021) ve Konya'da ise 65.92 adet (Oğuz ve ark., 2017) olarak belirlenmiştir. İşlenen tarımsal alan başına düşen traktör gücü ise Kırıkkale'de 0.97 kW/ha (Yeşilyurt ve ark., 2013), Niğde'de 1.77 kW/ha (Saygılı ve Çakmak, 2021), Konya'da ise 2.8 kW/ha (Oğuz ve ark., 2017) olarak verilmiştir. Çiçek ve ark. (2023) bu değeri 2022 yılı verileriyle Biga ilçesi için 4.58 kW/ha olarak tespit etmişlerdir. Birim alan başına düşen traktör gücü incelemelerinde 2015 yılında yapılan çalışmada Avrupa Birliği ülkeleri değerlerinin 0.3- 5.4 kW/ha arası değerlerde değiştiği belirtilmektedir. Aynı çalışmada benzer iklim bölgesinde bulunan komşu Ülke Yunanistan'ın düzeyi 4.5 kW/ha olarak tespit edilmiştir. Biga ilçesinin bu düzeyde Avrupa Birliği ülkelerinden ve Benzer iklim özelliklerine sahip ülkelerde yüksek seviyede olduğu görülmektedir (Papageorgiou, 2015). Traktör başına düşen tarımsal alan düzeyinde 1 hektarlık alan başına Biga'da 10.6, Çanakkale'de 11.1 AB'de 11.3 Türkiye genelinde ise 15.8 traktör düşmektedir. Benzer iklim bölgesinde bulunan Romanya ilinde yapılan çalışmada traktör başına 41.3 ha üretim alanı bulunmaktadır (Popescu ve ark., 2017). Yapılan araştırmalar incelendiğinde Biga ilçesi mekanizasyon düzeyinin diğer bölgelerin mekanizasyon düzeyinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Biga'da tespit edilen tarımsal ekipman sayısının traktör sayısına oranı ise (4 adet/traktör) diğer araştırmalarda elde edilen verilere göre daha düşük çıkmıştır. Benzer çalışmalarda Bursa Orhangazi ilçesinde traktör başına 4.67 adet, Gemlik ilçesinde ise 4.88 adet tarımsal ekipman bulunmuştur (Duran ve Ünal, 2016). Konya ilinde bulunan Altınekin, Çumra ve Karapınar ilçelerinde yapılan çalışmada bu değer 7.05 adet olarak tespit edilmiştir (Oğuz ve ark., 2017). Gaziantep ilinde yapılan çalışmada ise traktör başına düşen makine sayısı 4.01 olarak belirlenmiş ve Biga ilçesi ile benzer sonuç vermiştir. Çiçek ve ark. (2023) Biga'da bir traktöre düşen makine sayısını 7.32 adet olarak belirlemişlerdir. İki değer arasındaki farklılığın, anket yapılan üreticilerin bazı alet ve makineleri tarım makinesi olarak belirtmemelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde yararlanılan tüm verilerde Biga ilçesi Çanakkale ve Türkiye ortalamasından yüksek değerlere sahip iken, yalnızca traktör başına düşen makine sayısında düşük seviyelerde kalmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada; işletme sahiplerinin benzer çalışmalarda işletme sahiplerine göre eğitim seviyesinin ileri seviyelerde olduğu, aynı bölgede önceki yıllara ait sonuçlara göre eğitim seviyesinin artış gösterdiği belirlenmiştir. İşletme sahiplerinin yaş ortalaması önceki çalışmalara oranla ilerlemiş olup genç üreticilerin tarıma olan ilgisinin azalmaya başladığı görülmüştür.

Birçok tarımsal ürünün üretildiği Biga ilçesinde tarla bitkileri üretimi ve hayvancılık sektörü ile ilgilenen üreticiler yoğunluktadır. Üreticilerin traktör kullanım yoğunluğu yüksek olup her tarımsal işletme en az bir traktöre sahiptir. Traktör gücü, işletmeler tarafından önem arz eden bir unsurdur. Diğer çalışmalara oranla bölgede traktör gücü önemli ölçüde yüksek tespit edilmiştir. İşletmelerde işletme başına düşen güç 71.2 kW, traktör başına düşen güç ise 65.1 kW olarak belirlenmiştir. İşletmeler sahip oldukları traktörlerin çeki gücü açısından yeterli olduğunu ayrıca traktörlerin tüm tarımsal süreçte başarıyla görevini yerine getirdiğini belirtmektedirler.

Bölgedeki traktörlerin yaş ortalaması 8.5 olarak belirlenmiştir. %74.68'lik kısmı 10 yaşın altında genç traktörlerden %96.58'lik kısmı ise ekonomik ömrü tamamlanmamış traktörlerden oluşmaktadır. Güçlü ve genç traktörler ile yapılan tarımsal üretimde tarımsal üretim sürecinin hızlı ve sorunsuz halledilmesi anlamına gelmektedir. Bununla birlikte bu durum tarla trafiği, yakıt tüketimi ve karbon salınımında azalmalar meydana getirecek tarımın sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır.

Bölgeye ait tarımsal mekanizasyon düzeyini belirleyen unsurlardan güç faktörünün yanı sıra işletme başına düşen traktör sayısı 1.57 birim alan başına kullanılan traktör sayısı da 93.7 traktör/1000 ha ile yüksek bir oran olarak belirlenmiştir. Ancak traktör başına düşen tarımsal ekipman sayısı 4 makine/traktör ile bölge verilerinin diğer çalışmalarda elde edilen verilere eşit ya da düşük orana sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde bölgenin mekanizasyon düzeyinin yüksek ve yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Traktörlerin güçlü olması ve sayı olarak fazla olması bu kapsamda en önemli faktör olarak görülmektedir. Tarımsal alet ve makine oranının artırılması amacıyla işletmelerin makine parklarına yeni ekipmanları eklemeleri durumunda tüm kriterlerde Biga hem bölge hem ülke düzeyinde yüksek düzeye sahip olacaktır. Bölgesel ve ülke bazında tarım ile ilgilenen genç ve eğitilmiş nüfusun oranının artırılmasına yönelik adımların atılması gerekmektedir. Makine parklarında bulunan bölge için gerekli tarımsal ekipman sayısının artırılması, bu ekipmanların yenilikçi teknolojilere uyum sağlayan ekipmanlar olması gereklidir. Ayrıca tarımsal ekipmanların tüm üreticiler tarafından hızlı ve optimum şekilde ve kullanılması açısından, ortak makine kullanım olanakları artırılmalıdır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Altıkat, S., Çelik, A., 2009. Erzurum ilinin mekanizasyon özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 40 (2): 57-70.
- Anonim. 2022. Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2022 yılı Brifing Raporu. Çanakkale.
- Baran, M., Gökdoğan, O., Durgut, M., 2014. Batı Marmara Bölgesi'nin tarımsal mekanizasyon özellikleri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1 (4):561-567.
- Çiçek, G., Sümer, S. K., Tunç, U., 2023. Çanakkale ili ve ilçeleri tarımsal yapı ve mekanizasyon durumu. Çanakkale'nin Stratejik Sektörü Tarım 2. Bölüm 12. S: 263-316.
- Duran, E., Ünal, H., 2016. Bursa ili Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde zeytin yetiştiriciliğindeki mekanizasyon durumu. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 30 (1): 127-138.
- Durgut, M. R., Arın, S., 2005. Trakya yöresi bağcılığının mekanizasyon düzeyi ve sorunları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 2(3): 287-297.
- Eryılmaz, T., Gökdoğan, O., Yeşilyurt, M., 2014. Yozgat ilinin tarımsal mekanizasyon durumunun incelenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 1(2): 262-268.
- Gökdoğan, O., 2012. Türkiye ve Avrupa Birliği'nin tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergelerinin karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 9 (2):1-4.
- Koçtürk, D., Avcıoğlu, A., O., 2007. Türkiye'de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 3(1): 17-24.
- Korucu, T., Aybek, A., Kaya, V.R. S. F., Gürlek, E., Mert, C., Kozak, B., 2015. Kahramanmaraş ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin haritalanması ve değerlendirilmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi. 18 (2): 10-24.
- Oğuz, C., Bayramoğlu, Z., Ağızan, S., Ağızan, K., 2017. Tarım işletmelerinde tarımsal mekanizasyon kullanım düzeyi, Konya ili örneği. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 31(1): 63-72.
- Ozgunaltay Ertugrul G, Ertugrul O, Degirmencioglu A., 2019. Determination of agricultural mechanization levels in Kırşehir province using geographical information systems (GIS). Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences: sciences mathématiques et naturelles. 72(8):1144-1152
- Papageorgiou, A., 2015. Agricultural equipment in Greece: Farm machinery management in the era of economic crisis. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 7: 198 – 202
- Popescu, A., Dinu, T., Stoian, E., Vlad, M., I., 2017. Trends in agriculture endowment with machinery in Romania 2007-2015. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 17 (2): 291-300
- Sağlam, C., Kuş, Z.A., 2016. Orta Anadolu Bölgesi illerinde tarımsal mekanizasyon düzeyinin yıllara göre değişimi. Nevşehir Bilim ve Teknolojileri Dergisi. TARGİD Özel Sayı: 364-371.
- Saygılı, Y.S., Çakmak, B., 2021. Niğde ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin incelenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 35(2):389-413.
- Tezer, E., Sabancı, A., 1997. Tarımsal Mekanizasyon-1. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 7, 167s.
- Ürkmez, Ü., 2013. Tarım İşletmelerinde Kullanılan Bitki Koruma Alet ve Makinelerinin Teknik Özellikleri ve Uygulama Sorunlarının Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 101 sf.

- Yeşilyurt, K.M., Eryılmaz, T., Gökdoğan, O., Yumak, B., 2013. Kırıkkale ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 10 (2):7-13.
- Yılmaz, S., Sümer, S., K., 2018. Güney Marmara kalkınma bölgesinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 6 (1): 115-122



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Research Article

Evaluating Shrimp Shells as a Natural Soil Conditioner

Ayşe Yenen¹ 

Burak Onur Ünal¹ 

Çağrı Kınık¹ 

Yasemin Kavdır^{1*} 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Soil Science and Plant Nutrition Department, Çanakkale, Türkiye

*Corresponding author: kavdirya@comu.edu.tr

Received Date: 15.05.2025

Accepted Date: 14.06.2025

Abstract

Shrimp shell waste, a byproduct of the rapidly growing seafood industry, poses environmental challenges but also presents opportunities for innovative agricultural applications and research. This waste, generated from shrimp consumption, is typically disposed of through methods such as burning and burial. The aim of this study is to investigate the potential use of shrimp shells in agriculture and to investigate the impact of powdered shrimp shells as a cost-effective alternative to the chitosan on some soil physical properties. Shrimp shells were obtained from Kocaman Fishery in Bandırma. The shells were cleaned, dried, ground, and sieved through a 4 mm mesh to remove unground parts. The sieved soil was then mixed with the shrimp shells at weight ratios of 0%, 2%, 4%, and 6%. Following the incubation period, the water-holding capacity, porosity, bulk density, moisture content, field capacity, organic carbon, organic matter, pH, and electrical conductivity (EC) values of the samples were measured. In soils where shrimp shell powder was applied at varying rates, it was observed that the pH, electrical conductivity (EC), aggregate stability, organic carbon, organic matter, CaCO₃, water holding capacity, porosity, and field capacity values significantly increased with higher application doses. Consequently, shrimp shells can be ground into a powder and utilized as a soil organic conditioner at rates of 4% and 6%, while considering the pH and EC values of the soil.

Keywords: Shrimp shell, Field capacity, Soil physics, Organic matter, Organic carbon, Aggregate

Karides Kabuklarının Doğal Bir Toprak Düzenleyici Olarak Değerlendirilmesi

Öz

Hızla büyüyen deniz ürünleri endüstrisinin bir yan ürünü olan karides kabuğu atıkları, çevresel zorlukların yanı sıra yenilikçi tarımsal uygulamalar ve araştırmalar için de fırsatlar sunmaktadır. Karides tüketiminden kaynaklanan bu atık, tipik olarak yakma ve gömme gibi yöntemlerle bertaraf edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, karides kabuklarının tarımda potansiyel kullanımını araştırmak ve kitosana uygun maliyetli bir alternatif olarak, toz karides kabuklarının bazı toprak fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Karides kabukları Bandırma'daki Kocaman Balıkçılık'tan temin edilmiştir. Kabuklar temizlenmiş, kurutulmuş, öğütülmüş ve öğütülmemiş kısımları ayırmak için 4 mm'lik bir elekten elenmiştir. Elenmiş toprak daha sonra karides kabukları ile %0, %2, %4 ve %6 ağırlık oranlarında karıştırılmıştır. İnkübasyon süresinin ardından örneklerin su tutma kapasitesi, porozite, hacim ağırlığı, nem içeriği, tarla kapasitesi, organik karbon, organik madde, pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçülmüştür. Karides kabuğu tozunun değişen oranlarda uygulandığı topraklarda, pH, elektriksel iletkenlik (EC), agregat stabilitesi, organik karbon, organik madde, CaCO₃, su tutma kapasitesi, porozite ve tarla kapasitesi değerlerinin yüksek uygulama dozlarıyla önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak karides kabukları öğütüldükten sonra %4 ve %6 dozlarıyla, uygulamanın yapılacağı toprağın pH ve EC değerleri gözetilerek, toprak organik düzenleyicisi ve organik madde kaynağı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Karides kabuğu, Tarla kapasitesi, Toprak fiziki, Organik madde, Organik karbon, Agregat

Introduction

Soil organic matter, which consists of plant and animal residues, is directly linked to the physical, chemical, and biological properties of soil and serves as a key factor in determining soil quality. Organic matter has a significant impact on numerous soil physical properties, including aggregate stability, porosity, hydraulic conductivity, bulk density, field capacity, water-holding capacity, wilting point, soil aeration, and the improvement of undesirable attributes of soil texture and

structure. Additionally, it enhances resistance to erosion. Consequently, organic matter is a crucial component for both soil quality and agricultural sustainability.

An analysis of the organic matter content in soils throughout Türkiye reveals that 18.04% of the soils had very low organic matter levels (less than 1%), whereas 70.51% are characterized by low organic matter content (ranging from 1% to 2%). This indicates that a significant portion of Turkish soil is deficient in organic matter (Tagem, 2018).

Various organic-based soil amendments—such as compost, green manure, biochar, and farmyard manure—can effectively address deficiencies in soil organic matter. However, these materials tend to mineralize shortly after application, necessitating continuous additions to the soil. Converting organic waste from agricultural activities or industrial production into compost through various methods, rather than incinerating and disposing of it, represents a sustainable recycling approach that enhances soil health, improves quality, and supports long-term agricultural viability. İşler et al. (2022) reported that composts made from olive pomace and vineyard pruning waste improved the aggregate stability of clay, loam, and sandy loam soils. Research indicates that the use of compost typically reduces soil bulk density, improves infiltration and hydraulic conductivity, and boosts water retention capacity (Kranz et al., 2020; Jain & Kalamdhad, 2020). Additionally, compost additions enhance soil organic carbon, organic matter, and nutrient levels and may also increase soil pH to neutral levels (Jain & Kalamdhad, 2020). Green manures and farmyard manures can improve soil structure by lowering bulk density and increasing overall porosity. Additionally, these practices benefit soil water properties, such as available water capacity, field capacity, wilting point, and moisture retention (Mujdeci et al., 2020). Mixing green manure plants into the soil provides a high content of nitrogen and other plant nutrients. Green manuring is regarded as an effective agricultural practice for improving soil organic matter and fertility (Balachandar et al., 2020). Kavdır et al. (2024) observed in their incubation study on sandy loam soil that biochar produced from olive pomace increased aggregate stability and total soil carbon.

Globally, mollusks account for 13% and crustaceans for 9% of fisheries and aquaculture production. Each year, approximately 8 million tons of crab, shrimp, and lobster shell waste are generated worldwide, representing up to 60% of the total crab biomass (FAO, 2021).

Chitosan is a natural soil enhancer that is favored over chemical alternatives. It is derived from chitin, a substance commonly present in the exoskeletons of crustaceans like crabs, lobsters, and shrimp, through a process called deacetylation. Shrimp shells are especially abundant in chitin, which is used to produce the chitosan polymer. The processing of shrimp generates in about 50-60% of solid waste, including by-products such as the head, viscera, and shells (Senphan & Benjakul, 2012). Studies have shown that chitosan application can improve soil water stability, permeability, and aggregate formation (Adamczuk et al., 2021). However, its impact on soil mechanical stability varies depending on soil texture and the characteristics of chitosan. In some soils, a decrease in strength and an increase in porosity have been observed (Adamczuk & Józefaciuk, 2022). Pichyangkura and Chadchawan (2015) observed that chitosan applied to soil significantly promoted seedling growth and triggered early flowering in several ornamental plants. Chitosan can serve as a carbon source for soil microorganisms, accelerating the conversion of organic matter into inorganic forms and facilitating greater nutrient uptake by plant roots. Additionally, chitosan can be used to add organic matter to soils without increasing the carbon-to-nitrogen (C:N) ratio (Xu and Mou, 2018). To produce chitosan, chitin is processed with a 40% sodium hydroxide solution, and more than 1000 liters of water are required to produce 1 kg of chitosan from shrimp shells (Yan & Chen, 2015). Due to its expensive production and high water requirements, in this study, dried and ground shrimp shells were used directly as shrimp shell powder (SSP).

Shell waste also has potential as an alternative soil amendment to lime, particularly for correcting soil acidity. For instance, ultrafine oyster-shell powder has been shown to increase soil pH and enhance calcium and magnesium contents in acidic soils (Du et al., 2016). Such amendments not only improve chemical properties but may also contribute to physical soil quality, as aggregate stability—an important indicator of soil health—reflects the ability of soil particles to resist disaggregation and maintain structural integrity. The chitinous composition of the shells contributes to the formation and stabilization of soil aggregates, which enhances pore space suitable for gas exchange and root growth (Gelybó et al., 2018). This improved aggregate stability can contribute to reduced soil erosion, increased water infiltration, and improved nutrient and water availability for plant growth.

Zhang et al. (2025) indicated that the combination of Ca-Mg-Si soil conditioner (SC2), earthworm manure (33.35 kg ha⁻¹), and shrimp shell meal (83.375 kg ha⁻¹) notably enhanced soil organic matter (SOM) to 5.52 g kg⁻¹ and improved rice yields. Additionally, the soil dissolved organic matter (DOM) components exhibited a comparatively greater potential for carbon sequestration.

Dufault et al. (2001) conducted a study to assess the effectiveness of shrimp biosolid (SB) as a fertilizer for growing broccoli (*Brassica oleracea italica*), both on its own and in combination with inorganic fertilizers. The findings indicated that while SB can be beneficial as a fertility source, it does not optimize yield when used alone and should be paired with inorganic fertilizers. Additionally, due to the high sodium content in SB, caution is advised when using it alongside inorganic fertilizers for salt-sensitive plants.

The objective of this research is to consolidate the existing knowledge regarding the influence of crustacean shells on various soil characteristics, including soil properties, aggregate stability, soil pH and electrical conductivity (EC). Furthermore, the study seeks to explore the implications of these findings for the development of sustainable soil management practices.

Materials and Methods

The soil sample used in the experiment was collected from a depth of 0-20 cm using a shovel at the İncirlik location in Palamutoba village, Bayramiç district, Çanakkale province, with coordinates 39°51'29.9"N, 26°32'08.2"E. An undisturbed soil sample was collected from the surface at a depth of 0-5 cm using a steel sampling cylinder, following the procedures of labeling and placement in a plastic bag. Results of selected soil properties are presented in Table 1.

Table 1. Properties of the soil sample used in the experiment

pH	EC (ds m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Aggregate Stability (%)	Texture	Organic Matter (%)
7.52	0.323	5.4	9.32	Sandy Clay Loam	0.74

Shrimp shells (SS) have been obtained from Bandırma Kocaman Fisheries. The properties of the shrimp shells used in the experiment are presented in Table 2. The dried shells were ground using a Bosch brand grinder, passed through a 4 mm sieve, and turned into powder (SSP). The air-dried soil was sieved through a 2 mm sieve. SSP application rates were 0%, 2%, 4%, and 6% w/w and replicated three times. Each mixture was subsequently moistened to achieve half of the field capacity. The remaining soil mixtures were placed into the soil cores in specific volumes for Ksat measurements. All samples were incubated under controlled laboratory conditions, maintained at a temperature range of 20 to 25 °C, for 45 days. Water was added to the samples every 15 days, in accordance with the diminishing moisture levels.

Table 2. Properties of the shrimp shells used in the experiment

pH	EC (ds m ⁻¹)	Organic Matter (%)	CaCO ₃ (%)
8.68	14.56	6.25	28.95

The methods used for the analysis of soils and shrimp shells, performed after incubation experiment are presented in Table 3.

Table 3. Methods of Analysis

Analysis	Method
Measurement of pH and EC	The pH values of the shrimp Shell (SS) were determined potentiometrically using a pH meter in a 1:10 soil:deionized water mixture, while the pH of the soil sample was measured in a 1:2.5 soil:deionized water mixture. Electrical conductivity (EC) was measured using an EC meter (Richards, 1954; Grewelling and Peech, 1960).
CaCO ₃ measurement	It was determined using a Scheibler calcimeter (Allison and Moodie, 1965).
Organic carbon and organic matter	Smith and Weldon method (1941)
Aggregate Stability	The wet sieving method was used (Kemper and Rosenau 1986).
Soil texture	It was determined using the hydrometer method (Bouyoucos, 1951).
Porosity	Total porosity was determined by saturating a specific volume of soil and measuring it based on weight (Blake and Hartge, 1986).

Statistical Analyses

Statistical analyses were conducted using the Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999). A one-way analysis of variance (ANOVA) was performed, followed by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$), to evaluate the means of various rates of SSP on selected soil properties.

Results and Discussion

The pH value of the shrimp shells used in the experiment was 8.68, while the soil pH was 7.52 (Tables 1 and 2). As the rates of SSP added to the soil increased, the soil pH also increased significantly ($p < 0.0001$). However, the differences among the 2%, 4%, and 6% rates (Table 4) were found to be statistically not significant. Nkoh et al. (2023) observed in their study that the application of chitosan to acidic Ultisol soils increased soil pH in the range of 0.67–2.27. This pH increase was attributed to the ammonification of organic nitrogen and the mineralization of organic carbon. The extent of this increase may vary depending on soil type, with potentially greater or lesser effects observed in different soils. Similarly, Paz-Ferreiro et al. (2011) found that the addition of mussel shells increased soil pH compared to the control soil.

As the application rates of SSP added to the soil increased, the soil's electrical conductivity (EC) also significantly ($p < 0.0006$) increased (Tables 2 and 4). However, the differences between the 0% and 2% doses and between the 4% and 6% doses (Table 4) were not statistically significant. The EC value of the SSP used in our study was 14.56 dS m⁻¹, which contributed to an increase in soil EC. Rassaei (2023) observed in their study on clay-textured soil that chitosan applications at 0.5%, 2%, and 5% doses increased soil EC and pH levels. Similarly, Lee et al. (2008) found that the application of oyster shell powder increased the EC, pH, and SOC of both silty loam and sandy loam soils.

As the application rates of SSP increased, the soil CaCO₃ content also increased significantly ($p < 0.0020$). The differences among the 2%, 4%, and 6% doses were not statistically significant, although they were higher compared to the control (Table 4). Analysis revealed that the shrimp shells used in the experiment contained 28.95% CaCO₃ (Table 2) that contributed to the increase in soil CaCO₃ content. Ibrahim et al. (1999) reported that shrimp shells have generally high calcium content.

Table 4. The impact of varying application rates of shrimp powder on soil pH, EC, and lime content. Different letters within the same column indicate statistically significant differences at $p < 0.05$.

SSP application rate	pH	EC (ds m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)
0%	7.52 b	0.32 b	5.4 b
2%	8.27 a	1.119 b	6.09 a
4%	8.36 a	1.552 a	6.28 a
6%	8.30 a	1.936 a	6.53 a

As the dose of shrimp powder added to the soil increased, a statistically significant increase in soil aggregate stability ($p < 0.0128$) and organic carbon content ($p < 0.0001$) was observed. Similarly, as

the dose of SSP increased, a statistically significant increase in soil organic matter was observed ($p<0.0001$). However, the difference in aggregate stability between 0% and 2%, as well as between the 4% and 6% doses, was found to not statistically significant (Table 5). Organic matter is an important factor that facilitates the aggregation of soil particles into aggregates. Studies have shown that mixing various organic matter sources such as chicken manure, compost, rice husks, and barn manure into the soil increases aggregate stability, soil organic matter, and soil organic carbon content (Fei et al., 2020; Rassaei et al., 2023; Das et al., 2014; İşler et al. 2022). Organic matter additions to the soil improve soil resilience by preventing the dispersion of soil aggregates when they interact with water (Rassaei et al., 2023). The high organic matter (6.25%) and organic carbon (3.63%) content of the shrimp powder used in the experiment (Table 2) increased aggregate stability and soil organic soil organic carbon content (Table 5).

Table 5. The impact of varying application rates of shrimp powder on soil aggregate stability and organic carbon content. Different letters within the same column indicate statistically significant differences at $p<0.05$.

SSP application rate	AS (%)	OC (%)
0%	11.81 b	0.51 c
2%	10.85 b	1.30 b
4%	20.87 a	1.44 b
6%	20.50 a	1.75 a

At a 2% dose of shrimp shell powder, bulk density (db) increased, while at a 6% dose, it was the lowest (Table 6) ($p<0.0002$). Although SSP was expected to reduce soil bulk density due to its inherently low bulk density, only the 2% dose showed a significant difference.

The water retention capacity at this application rate was also found to be reduced (Table 6). Soil bulk density is an indicator of soil compaction and porosity. An inverse relationship exists between bulk density and soil porosity, such that an increase in bulk density corresponds to a decrease in porosity. In soils characterized by elevated organic matter content, both aggregation and porosity tend to increase, resulting in a reduction of bulk density. Given that soil bulk density influences the pore space within the soil matrix, it plays a significant role in regulating water movement, aeration, and microbial activity within the soil ecosystem.

The two findings are mutually reinforcing, indicating that an increase in bulk density corresponds with a decrease in pore volume, resulting in a reduced capacity of the soil to retain water. Adamczuk et al., 2021, reported that the addition of chitosan significantly decreased the bulk density of soil aggregates. This is attributed to the lower particle density of chitosan compared to the solid phases of the soils examined.

Organic matter increases the soil structure and porosity, thereby enhancing its water retention capacity. As organic matter increases, the infiltration of water into the soil and the water retention within the soil also increase. After excess water is drained away from the soil, the amount of water retained field capacity is also positively correlated with the increase in organic matter.

As the SSP application rate increased to 6%, the soil water holding capacity significantly increased (Table 6) ($p<0.0001$). The lowest water retention capacity was observed at the 2% rate. There was a statistically significant difference among treatments in terms of water holding capacity ($p<0.0001$). The lowest field capacity value was found at the 2% application rate, while the highest value was observed at the 6% application rate.

When examining the effects of SSP on porosity, the differences among the applications were found to be statistically significant ($p<0.0002$). The lowest porosity value was observed at the 2% rate, whereas the highest value was found at the 6% application rate (Table 6). Hydrogels and superabsorbents derived from chitosan have shown promising results in improving the water retention capacity of soil, particularly in sandy soil. These substances can boost water retention, porosity, and field capacity (Jayanudin et al., 2022). As the soil organic matter increases, the particles in the soil cluster together, leading to enhanced aggregate formation. The aggregation of particles creates spaces within the soil, which in turn increases porosity. Studies have shown that higher organic matter content leads to more stable aggregates and the formation of larger pore spaces (Anonymous, 2021).

Table 6. The impact of varying application rates of shrimp powder on soil bulk density, water holding capacity (WHC), field capacity (FC), and porosity. Different letters within the same column indicate statistically significant differences at $p < 0.05$.

SSP application rate	db (g cm ⁻³)	WHC (%)	FC (%)	Porosity (%)
0%	0.99 b	57.96 b	54.16 b	57.49 b
2%	1.10 a	51.15 c	46.55 d	56.39 c
4%	1.03 b	57.59 b	51.86 c	59.04 b
6%	0.96 c	66.46 a	58.49 a	63.45 a

Conclusion

Following the 45-day incubation period, the results indicated that application of SSP increased soil CaCO₃ content, pH, and EC across all application rates compared to the control group. In this context, the application of SSP in soils with high pH, electrical conductivity (EC), and lime content is not recommended. The application of SSP has been shown to enhance SOC content of soils across all rates. A significant increase in soil aggregate stability has been observed at the 4% and 6% application rates. Based on these findings, SSP can be utilized as an amendment in soils that are low in organic matter and exhibit weak aggregate stability. The application of SSP led to a significant reduction in bulk density only at the 6% application rate when compared to the control group. Furthermore, statistically significant increases in water retention capacity, field capacity, and porosity were observed at the 4% and 6% application levels. The findings suggest that incorporating shrimp shell powder at concentrations of 4% and 6% positively impacts the physical properties of soil, demonstrating effects comparable to those observed with the more expensive biopolymer chitosan. However, this study did not investigate the impact of shrimp shell powder on soil microorganisms or its potential beneficial or detrimental effects on plant and soil health. Consequently, this research suggests that shrimp shell waste may serve as a viable source of organic matter and contribute to the improvement of the soil's physical and chemical properties.

Acknowledgments

We express our gratitude to Assoc. Prof. Dr. Hande Işıl AKBAĞ for her assistance in providing the shrimp shells.

Authors' Contributions

Authors declare that they have contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Adamczuk, A., Jozefaciuk, G., 2022. Impact of chitosan on the mechanical stability of soils. *Molecules*. 27(7): 2273.
- Adamczuk, A., Kercheva, M., Hristova, M., Jozefaciuk, G., 2021. Impact of chitosan on water stability and wettability of soils. *Materials*. 14 (24): 7724.
- Anonymous, 2021. Mosaic Agri Sight. 2021. Five benefits of soil organic matter. Available at: <https://www.croplnutrition.com/resource-library/fivebenefits-of-soil-organic-matter> , (22.07.2024).
- Balachandar, R., Baskaran, L., Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Subbaiya, R., Ravindran, B., Karmegam, N., 2020. Enriched pressmud vermicompost production with green manure plants using *Eudrilus eugeniae*. *Bioresource Technology*. 299: 122578.
- Blake, G. R., Hartge K. H., 1986. Bulk density, *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*. 5:363–375.
- Das, B., Chakraborty, D., Singh, V., Aggarwal, P., Singh, R., Dwivedi, B.S., 2014. Effect of Organic Inputs on Strength and Stability of Soil Aggregates Under Rice-Wheat Rotation. *International Agrophysics*. 28: 163-168.
- Du, Y.F., Lv, L.F., He, Z.Q., Gai, G.S., Yang, Y.F., Liu, C.S., 2016. The effect of mineral soil amendments on the improvement of acid red soil. *J Soil Water Conserv*. 30 (3): 351-354.
- Dufault, R. J., Korkmaz, A., Ward, B., 2001. Potential of biosolids from shrimp aquaculture as a fertilizer for broccoli production. *Compost Science & Utilization*. 9 (2): 107-114.
- Fei, C., Xiaodong, D., Shirong, Z., Junliang, L., Liang, B., 2020. Soil aggregate stability and carbon fractions in soils containing organic matter additions in intensive greenhouse vegetable fields.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Food and Agriculture—Statistical Yearbook 2021; Food & Agriculture Organization: Rome, Italy, 2021; ISBN 978-92-5-134332-6.
- Gelybo, G., Toth, E., Farkas, C., Horel, A., Kasa, I., Bakacsi, Z., 2018. Potential impacts of climate change on soil properties. *Agrochemistry and Soil Science*. 67 (1): 121-141.
- Ibrahim, H. M., Salama, M. F., El-Banna, H. A., 1999. Shrimp's waste: Chemical composition, nutritional value and utilization. *Nahrung*. 43 (6): 418– 423.
- Işler, N., İlay, R., Kavdir, Y., 2022. Temporal variations in soil aggregation following olive pomace and vineyard pruning waste compost applications on clay, loam, and sandy loam soils. *Environ Monit Assess*. 194: 418.
- Jain, M.S., Kalamdhad, A.S., 2020. Soil revitalization via waste utilization: Compost effects on soil organic properties, nutritional, sorption and physical properties. *Environmental Technology and Innovation*. 18: 100668.
- Jayanudin, Lestari, R.S., Barleany, D.R., Pitaloka, A.B., Yulvianti, M., Prasetyo, D.P., Anggoro, D.V., Ruhiatna, A., 2022. Chitosan-Graft-Poly(acrylic acid) Superabsorbent's Water Holding in Sandy Soils and Its Application in Agriculture. *Polymers*. 14 (23): 5175.
- Kavdir, Y., İlay, R., Güven, O.B., Sungur, A., 2024. Characterization of olive pomace biochar produced at different temperatures and their temporal effects on soil aggregation and carbon content. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 14: 19305–19314.
- Kranz, C.N., McLaughlin, R.A., Johnson, A.M., Miller, G.L., Heitman, J.L., 2020. The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils - A concise review. *Journal of environmental management*. 261: 110209.
- Lee, C. H., Lee, D. K., Ali, M. A., Kim, P. J., 2008. Effects of oyster shell on soil chemical and biological properties and cabbage productivity as a liming materials. *Waste Management*. 28 (12): 2702-2708.
- Mujdeci, M., Demircioğlu, A.C., Alaboz, P., 2020. The Effects of Farmyard Manure and Green Manure Applications on Some Soil Physical Properties. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 9: 17.
- Nkoh, J.N., Guan, P., Shi, R., Wang, R., Li, J., Xu, R., 2023. Role of carbon and nitrogen mineralisation of chitosan and crop straws in ameliorating acidity of acidic Ultisols. *Crop and Pasture Science*. 74: 1318 - 1333.
- Paz-Ferreiro, J., Baez-Bernal, D., Castro Insúa, J., García Pomar, M.I., 2011. Effects of mussel shell addition on the chemical and biological properties of a Cambisol. *Chemosphere*. 86: 1117–1121.
- Pichyangkura, R., S. Chadchawan., 2015. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Hort*. 196 :49–65.
- Rassaei, F., 2023. Chitosan as an organic amendment to improve soil properties and plant growth in the presence of polystyrene microplastics. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 43 (2) :14301.
- Rassaei, F., Mahdavi, E., Abtahi, S., 2023. Enhancing soil resilience in Iranian Haploxeralfs: A study on the impact of two organic matters on aggregate stability and mechanical resistance. *Probe - Soil Science*. 5: 1.
- Senphan, T., Benjakul, S., 2012. Compositions and yield of lipids extracted from hepatopancreas of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by prior autolysis. *Food Chemistry*. 134 (2): 829-835.
- Smith, H.W. and Weldon, M.D., 1941. A comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*. 5: 177-182.
- TAGEM, 2018. Türkiye Topraklarının Bazı Verimlilik ve Organik Karbon İçeriğinin Coğrafi Veri Tabanının Oluşturulması, Ankara.
- Xu, C., Mou, B., 2018. Chitosan as Soil Amendment Affects Lettuce Growth, Photochemical Efficiency and Gas Exchange. *HortTechnology*. 28 (4): 476
- Yan, N., Chen, X., 2015. Sustainability: Don't Waste Seafood Waste. *Nature*. 524: 155–157.
- Zhang, Z., Wang, N., Xu, J., Shi, J. 2025. Co-application of soil conditioners effect on soil DOM and its microbial community in new cultivating farmland. *Journal of Soils and Sediments*. 1-22.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

Araştırma Makalesi/Research Article

Kavak Deltası (Gelibolu-Çanakkale) Tarıma Açılan Bakir ve Sulak Alanlarında Toprak Organik Karbonunun Değişimi

Hüseyin Ekinci^{1*} 

Utku Özer¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale, Türkiye
*Sorumlu yazar: hekimci@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.05.2025

Kabul Tarihi: 20.06.2025

Öz

Saroz Körfezi kıyısında yer alan Gelibolu yarımadası Kavak Deltası, önemli bir sulak alan olmasının yanı sıra önemli kuş alanlarından da biridir. Bu nedenle 2010 yılında Bakanlar Kurulu kararıyla Özel Çevre Koruma Bölgesi sınırlarına dahil edilmiştir. Bu çalışmada, Kavak Deltasındaki bakir alanların (sulak-bataklık alanlar, doğal mera alanları ve çıplak –kumul alanları) tarıma açılan bazı kısımlarında farklı arazi kullanımı ve buna bağlı olarak değişen arazi örtüsünün toprak organik karbon (TOK) miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, bakir alanlarda ve bu alanların tarıma açılan çeltik ve diğer tarım alanlarından (bağ-bahçe ve buğday-ayçiçeği) 0-30 cm derinlikten bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek TOK miktarı mera alanlarında (147.31 ton C ha⁻¹) ve bataklık alanlarda (128.15 ton C ha⁻¹) saptanmıştır. Tarım alanlarının 78.16 ton C ha⁻¹, çeltik alanlarının ise 108.9 ton ha⁻¹ TOK içerdiği bulunmuştur. Buna karşın genellikle kumullardan oluşan çıplak alanların en düşük TOK içeriğine (10.23 ton C ha⁻¹) sahip olduğu görülmüştür. İncelenen toprakların ortalama TOK miktarı 94.55 ton C ha⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Sulak ve bataklık alanların, buğday-ayçiçeği gibi tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucunda yaklaşık 50 ton C ha⁻¹, çeltik tarımına dönüştürülmesi ile ise 20 ton C ha⁻¹ TOK kaybının olduğu belirlenmiştir. Kavak Deltasında ÇEM sınıflamasına göre çok yüksek-çok yüksek çölleşme risk sınıfında yer alan çıplak alanlar hariç, diğer tüm arazi kullanım türlerinin kapladığı alanlar çok düşük-çok düşük çölleşme risk sınıfında yer almıştır. Yapılan çalışma lokal alanda olsa bile, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü'nün (ÇEM) Organik Karbon Projesinde belirlenen hedeflerden birisi olan “Toprak organik karbon stokunda ortaya çıkan değişimin izlenmesi” hedefine katkı sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Organik Karbonu, Kavak Deltası, Bakir-Sulak Alanlar, Sürdürülebilir Tarım

Changes in Soil Organic Carbon in Virgin and Wetlands Opened to Agriculture in Kavak Delta (Gelibolu-Çanakkale)

Abstract

Kavak Delta of Gelibolu Peninsula located on the coast of Saros Gulf is not only an important wetland but also one of the important bird areas. For this reason, it was included in the Special Environmental Protection Area borders by the decision of the Council of Ministers in 2010. In this study, the effects of different land uses and the changing land cover in some parts of the virgin areas (wetlands-swamps, natural pastures and bare-dune areas) in Kavak Delta opened to agriculture on the amount of soil organic carbon (TOC) were investigated. For this purpose, disturbed and undisturbed soil samples were taken from 0-30 cm depth from virgin areas and from paddy and other agricultural areas (vineyards-orchards and wheat-sunflower) opened to agriculture in these areas. As a result of the study, the highest TOC amount was determined in pasture areas (147.31 tonnes C ha⁻¹) and marsh areas (128.15 tonnes C ha⁻¹). It was found that agricultural areas contained 78.16 tonnes C ha⁻¹ and paddy areas contained 108.9 tonnes ha⁻¹ TOC. On the other hand, it was observed that the bare areas, which are generally composed of sand dunes, have the lowest TOC content (10.23 tonnes C ha⁻¹). The average TOC amount of the examined soils was determined to be 94.55 tonnes C ha⁻¹. It was determined that approximately 50 tonnes C ha⁻¹ TOC was lost as a result of the conversion of wet and marsh areas to agricultural areas such as wheat and sunflower, and 20 tonnes C ha⁻¹ TOC was lost when they were converted to rice farming. Except for the bare areas in the Kavak Delta, which are in the very high-very high desertification risk class according to the ÇEM classification, the areas covered by all other land use types are in the very low-very low desertification risk class. Even though the study is conducted in a local area, it will contribute to the target of “Monitoring the changes in soil organic

carbon stock”, which is one of the targets determined in the Organic Carbon Project of the General Directorate of Combating Desertification and Erosion (ÇEM) of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change of the Republic of Turkey.

Keywords: Soil Organic Carbon (SOC), Kavak Delta, Virgin-wetland Areas, Sustainable Agriculture

Giriş

Karbon, yeryüzündeki canlılığın ana unsurudur. Dünyanın oluşumundan çok sonra ortaya çıkan yaşam belirtisinin temel yapı taşlarından bir tanesi olan karbon, tüm organik bileşiklerin yapısında bulunmaktadır (Schidlowski, 1988). Karbon canlıların biyokütlesinde, çürüyen organik maddenin içinde önemli rol oynadığı gibi toprakta da tutulduğu karasal ekolojik sistemlerde küresel karbon döngüsünde de önemli rolü vardır (Polat ve ark., 2011).

Toprak Organik Karbonu; bitki ve hayvandan arta kalanların, bitki kök salgılarının, canlı ve ölü mikroorganizmaların ve toprak biyotasının mineralizasyonu ile toprağa geçmektedir (ÇEM, 2018). Topraktaki Organik Karbon (TOK), bitkiler ve hayvanlardan artı kalan maddelerin ayrışmasının farklı safhalarından oluşan toprak organik madde bileşenlerinden biri olarak toprakta depolanan karbon olarak bilinmektedir. TOM kütleli olarak yaklaşık % 55-60 C kapsar. Bu karbon birçok toprakta, inorganik toprak karbon formlarının oluşumları dışında, TOK olarak isimlendirilen C stokunun çoğunu veya tamamını içermektedir (FAO ve ITPS, 2015). Ekinci ve Kavdır (2005) yürüttükleri çalışma sonucunda, toprak organik maddesinin karbonhidrat içeriğinin toprak agregatlarının dayanıklılığı ile doğrudan bağlantılı olduğunu saptamışlardır.

Hızlandırılmış TOK ayrışması nedeniyle topraklar, atmosfere önemli miktarda sera gazı (GHG) emisyonu kaynağı durumunda kalabilirler. İklimsel değişikliklerin TOK stokları üzerindeki bütünsel etkisi, bölge ve toprak çeşidine göre oldukça değişkenlik göstermektedir. Ancak, artan sıcaklıklar ve aşırı iklim olaylarının sık tekrarı, TOK kayıplarını da arttırabilir (FAO ve ITPS, 2015). TOK kaybı, çevre faktörlerine (iklim, topografya gibi) bağlı olmakla birlikte, arazi kullanım türü ve yönetim teknikleriyle de yakından ilişkilidir. Son yıllarda yürütülen bilimsel çalışmalar, özellikle orman ve otlak gibi bakir alanların kontrolsüz şekilde tarıma açılmasıyla birlikte küresel çapta kayıpların ortaya çıktığını göstermektedir (ÇEM, 2018).

Toprak organik maddesi (TOM); toprağın erozyona karşı dayanıklılığını, su tutma kapasitesini ve elverişli bitki besin maddesi miktarını yükseltmekte ve dolayısıyla toprak verimliliğini arttırmaktadır (Rasmussen ve Collins, 1991). Toprak verimliliğinin temel öğelerinden olan TOK ve TOM, arazi kullanımındaki yanlış teknikler (toprağı çıplak bırakmak, aşırı sulama, aşırı kimyasal gübre ve ilaç kullanımı vb) nedeniyle kayba uğramaktadır. Tarımsal ekosistemlerdeki gibi diğer bir karasal ekosistemin önemli bir bileşeni olan toprak organik maddesinin özelliğinin daha iyi anlaşılması; tarımsal amenajman pratiklerinin, sürdürülebilir arazi kullanımı için yeniden ele alınması ve geliştirilmesi bakımından oldukça önemlidir (Batjes, 1996; Morisada ve Miyamoto, 2004).

Sürdürülebilir tarım kavramı, farklı şekillerde tanımlanarak farklı yorumlarda da bulunulmuştur. Bu tanımlamaların ortak noktası, toprak sağlığını, yer altı ve yer üstü su kaynaklarını ve buralardaki biyoçeşitliliğini korumaktır. Bunu yaparken, tarımı daha verimli, optimum girdi ve enerjiyle, tarımsal ekosistemlerin şu anki ve gelecekteki gereksinimlerini karşılamak için planlanmış, söz konusu araziye özel uygulamaların yapılması gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Sürdürülebilir tarım, çiftçiler ve halk için karlı, çevreye duyarlı, enerji açısından verimli ve yaşam kalitesini iyileştiren gıda üretim sistemlerini kapsamaktadır (Menalled ve ark., 2008).

Toprak kalitesi ve toprak sağlığı, sürdürülebilir tarım açısından en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Toprak kalitesi genellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik göstergeleri ile sınıflandırılmaktadır (Doran ve Parkin, 1997; Kavdır ve ark., 2004). Orman ekosistemi karasal ekosistemdeki organik karbonun %76-78’ini tutmakta ve bu nedenle en önemli karbon havuzu olarak tanımlanmaktadır (Sivrikaya ve Bozali, 2012). Bununla birlikte özellikle sulak alanlar da yüksek oranda organik karbon içermektedir. Bu arazilerde oluşan peat materyallerindeki organik maddenin %60-85’ini hüyük maddeler oluşturmaktadır. Organik madde ve organik karbon bakımından zengin olan bu alanlardaki su tahliye edildiğinde, söz konusu alanlar su ve organik materyal rezervi olmaktan çıkıp artık birer sera gazı kaynağına dönüşürler (Dikici ve ark., 2017; Okrusko, 1993).

Saroz körfezi zengin bir zoolojik çeşitliliğe ve habitat yapısına sahiptir. Bunun yanında endemik ve nadir görülen türleri de barındırmaktadır. Kavak Deltası, Saroz Körfezi kıyısında yer alan önemli bir sulak alandır ve aynı zamanda önemli bir kuş alanıdır. Bu nedenle 2010/1089 nolu Bakanlar Kurulu

kararı ile 2010 yılında içinde sulak alan tanımının da bulunduğu Özel Çevre Koruma Bölgesi ilan edilmiştir. Yörede yapılan bir çalışmada, Kavak Deltasının aynı zamanda zengin bir herpetofaunaya da sahip olduğu ortaya konulmuştur (Uysal ve Tosunoğlu, 2012).

Bu çalışmada, Kavak Deltasındaki bakir alanlarda ve bu alanların tarıma açılan bazı kısımlarında, beş farklı arazi kullanım-yönetim sınıfına ait (çeltik alanları, bataklık-sulak alanlar, mera alanları, çıplak alanlar ve diğer tarım alanları) yerlerden 0-30 cm derinliğinde toprak örnekleri alınmıştır. Sözü edilen alanlardan alınan toprak örneklerinde, farklı kullanım türlerinin toprak organik karbonu miktarı üzerine etkisi ve TOK stok durumlarının değişimi incelenmiştir.

Materyal

Bu çalışma, Çanakkale ili Gelibolu Yarımadası'nda yer alan Kavak Deltası'nda (40°39' K ve 26°53' D), yaklaşık 28 km²'lik bir alanda yürütülmüştür. Çalışma alanı, Gelibolu (Çanakkale) ilçe merkezine 35 km uzaklıkta ve Saroz Körfezi kıyısında yer almakta olup aynı zamanda önemli bir kuş alanı olan sulak alandır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı ve coğrafi konumu
Figure 1. Study area and geographical location

Çalışma alanına genellikle Akdeniz tipi iklim özellikleri hâkim olmakla birlikte Marmara tipi iklim özellikleri arasında geçiş göstermektedir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı/Meteoroloji Genel Müdürlüğü (1929-2020) verilerine göre, bölgedeki ortalama sıcaklık yıllık 15.1°C, yıllık yağış ortalaması ise 620 mm civarındadır (Anonim, 2021).

Çalışma alanı, Kavak Çayı ve diğer akarsuların getirdiği sedimentler ile Korudağı kökenli çamur akıntıları üzerinde oluşmuş toprakları içermektedir. Kavak çayının taşkın düzlüğü toprakları, delta toprakları (tuzlu-bataklık ve hidromorfik alüviyal topraklar) ve %2-6 eğimli çamur akıntıları olarak üç farklı fizyografik ünite üzerinde yer almaktadır. Kavak Deltası' nın jeolojik yapısı, Trakya' nın güneybatısında görülen Tersiyer yapının bir devamı olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanına ait en eski oluşumu Maestrihtiyen-Paleosen yaşta, tersiyer havzanın temelini oluşturan ofiyolitli karışık yapıdır (Sümengen ve Terlemez, 1991).

Yöntem

Çalışma alanında öncelikle 5 farklı arazi kullanım türü belirlenmiştir. Bu kullanım türleri mera, sulak-bataklık alanlar, çeltik alanları, diğer tarım alanları (buğday, ayçiçeği, mısır, bağ-bahçe) ve çıplak alanlardır. Bu kullanım türlerine ait alanlarda 1x1 km'lik aralıklarla gridler oluşturulmuş ve bu gridlerin kesişme noktalarından toplam 49 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği alınmıştır (Şekil 2).





Şekil 2. Çalışma alanındaki farklı arazi kullanım türleri ve toprak örnekleme noktaları
Figure 2. Different land use types and soil sampling points in the study area

Bozulmamış toprak örnekleri için 100 cm³'lük çelik silindirler kullanılmıştır. Alınan bozulmuş toprak örnekleri ise laboratuvar koşullarında kurutulduktan sonra öğütülüp 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazırlanmıştır.

Bozulmuş toprak örneklerinde % organik karbon, pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç (% CaCO₃), % nem, tekstür ve katyon değişim kapasitesi (KDK) analizleri yapılmış, bozulmamış toprak örneklerinde ise kuru hacim ağırlığı belirlenmiştir.

Toprak Analiz Yöntemleri

Toprak tekstürü: Bozulmuş toprak örnekleri 2 mm'lik eleklerden elenerek, Bouyoucos hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986).

Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC): 1:2.5'lik toprak-su süspansiyonunda, cam elektrotlu pH metre ve EC metre ile ölçülmüştür (Black ve ark., 1965).

Kireç miktarı (% CaCO₃): Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Schlichting ve Blume, 1966).

Toprak Organik Karbonu (TOK): Smith-Weldon yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

Gravimetrik nem içeriği: Ağırlık esas dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Kuru hacim ağırlığı: Toplam hacmi bilinen (100 cm³) bozulmamış toprak örneklerinin, fırın kuru ağırlıklarına oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986).

Katyon değişim kapasitesi (KDK): Amonyum asetat (pH:7) yöntemiyle; adsorbe edilen sodyumun ölçülmesi yoluyla tayin edilmiştir (Sumner ve William, 1996).

İstatistik Analizleri

Toprakların, toprak organik karbon (TOK) stokunun bakir ve tarıma açılmış alanlardaki gösterdiği farklılıklar ile bazı toprak özelliklerindeki değişimlerin (pH, EC, KDK, tekstür, organik karbon (%), CaCO₃ içeriği, % nem içeriği) belirlenmesinde Tukey ve Duncan testi kullanılarak, SAS paket programı (SAS Enstitüsü, 2001) ile hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında arazi kullanım türlerinden sulak-bataklık ve mera alanları çalışma alanının yaklaşık üçte birini (%31) oluşturmaktadır. Çıplak alanlar en küçük alanı (%4), diğer tarım alanları (buğday, ayçiçeği, bağ-bahçe) ise %43' lük bir oranla en geniş alanı kaplamaktadır.

Çalışma alanındaki farklı kullanımlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Farklı arazi kullanım türlerine ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri tablo 1, 2, 3, 4 ve 5 te sunulmuştur.

Tablo 1. Mera topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of pasture soils

Örnek No	pH 1:2.5 top-su	EC (dSm ⁻¹)	Nem (%)	Kireç CaCO ₃ (%)	Kuru Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Organik Karbon (TOK) (%)	KDK (cmolkg ⁻¹)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
1	7.52	0.61	3.29	2.91	1.07	3.78	18.01	19.92	17.55	62.53
3	7.87	0.46	7.82	8.73	1.37	6.55	-	30.2	38.38	31.6
4	9.03	7.14	4.98	6.78	1.47	3.57	14.41	57.57	22.56	29.87
5	7.65	6.92	5.07	3.05	1.19	2.78	24.75	38.89	42.29	18.82
8	8.26	0.47	2.46	2.48	1.47	2.8	14.28	25.55	47.77	26.68
16	7.92	1.79	1.06	0.47	1.19	2.55	-	6.92	26.14	66.94
29	9.1	2.14	4.84	2.96	1.05	1.81	14.29	48.68	45.69	5.63
30	8.04	4.98	11.78	2.98	1.54	3.34	-	38.3	45.83	15.87
31	7.98	5.71	12.91	3.06	1.51	3.25	-	35.9	49.78	14.32
33	7.95	4.67	7.26	0.87	1.34	3.05	26.76	58.02	26.49	15.49
40-1	6.03	0.23	5.29	-	1.12	7.36	20.68	21.17	33.6	45.33
45	8.16	6.43	13.26	3.25	1.49	3.81	32.04	38.7	45.34	15.96

Tablo 2. Sulak alan ve bataklık topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 2. Some physical and chemical properties of wetland and marsh soils.

Örnek No	pH 1:2.5 top-su	EC (dSm ⁻¹)	Nem (%)	Kireç CaCO ₃ (%)	Kuru Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Organik Karbon (TOK) (%)	KDK (cmolkg ⁻¹)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
3-1	7.44	3.66	4.6	7.45	1.38	3.29	19.69	57.7	37.32	4.98
3-2	7.71	1.83	4.68	10.68	1.37	3.81	-	46.12	25.87	38.01
15	7.54	2.11	2.58	3.06	1.33	4.71	20.18	43.83	36.44	19.73
17	8.21	11.51	19.17	6.17	1.18	3.07	26.47	49.94	42.64	7.42
18	7.93	0.83	9.91	3.22	0.65	3.2	21.74	85.29	8.73	5.98

Tablo 3. Diğer tarım alanı (buğday, mısır, ayçiçeği, bağ-bahçe) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 3. Some physical and chemical properties of soils in other agricultural areas (wheat, corn, sunflower, vineyards-orchards)

Örnek No	pH 1:2.5 top-su	EC (dSm ⁻¹)	Nem (%)	Kireç CaCO ₃ (%)	Kuru Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Organik Karbon (TOK) (%)	KDK (cmolkg ⁻¹)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
2	7.92	0.23	7.15	3.71	1.6	3.68	-	51.28	26.32	22.4
4-1	8.26	0.28	3.68	5.26	1.34	3.31	15.73	37.69	38.98	23.33
4-2	8.01	0.28	4.20	2.28	1.37	3.5	14.98	34.43	35.75	29.82
4-3	7.55	0.23	4.26	6.44	1.5	1.29	-	41.02	46.52	12.46
9	8.14	0.26	2.28	2.64	1.47	0.97	7.68	24.42	45.21	30.37
10	7.72	0.17	4.88	1.78	1.63	0.87	15.34	25.28	38.43	36.29
11	7.89	0.21	4.38	1.87	1.72	2.14	-	34.45	48.32	17.23
12	7.96	0.29	4.21	3.56	1.75	2.07	-	36.17	51.61	12.22
13	7.96	3.28	2.34	2.55	1.58	0.98	11.91	21.82	46.26	31.92
13-2	7.67	0.86	2.74	1.78	1.57	0.89	10.64	26.76	51.9	21.34
13-3	7.79	0.25	2.58	4.03	1.62	0.79	8.57	22.69	53.98	23.33
21	7.85	0.45	2.64	1.65	1.39	1.09	10.45	22.67	53.94	23.29
25	8.05	0.20	6.01	2.41	1.71	1.44	15.45	35.73	43.93	20.34
34	7.95	0.27	3.25	3.62	1.38	1.65	-	32.83	36.75	30.42
35-1	7.61	1.29	6.33	2.14	1.35	1.74	15.14	38.39	38.23	23.38
36	8.07	0.18	4.64	2.53	1.64	2.11	-	36.42	56.4	7.18
39	7.94	0.34	2.44	1.57	1.6	1.29	-	24.54	31.21	44.25
40	6.08	0.08	5.31	0.68	1.66	1.4	14.43	35.3	24.74	39.96
43	7.51	0.37	2.13	1.89	1.7	0.92	6.54	24.5	28.98	56.52
44	7.9	0.51	3.78	6.02	1.58	1.27	-	35.28	44.87	19.85

Tablo 4. Çeltik tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal değerleri
Table 4. Some physical and chemical values of soils used for rice cultivation.

Örnek No	pH 1:2.5 top-su	EC (dSm ⁻¹)	Nem (%)	Kireç CaCO ₃ (%)	Kuru Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Organik Karbon (TOK) (%)	KDK (cmol kg ⁻¹)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
13-2	7.71	0.31	8.97	2.39	1.46	2.1	11.79	21.74	56.86	21.4
14	7.55	0.81	5.12	3.87	1.24	3.93	26.35	56.2	35.24	8.64
19	8.05	0.69	6.63	4.89	1.39	2.78	-	36.46	45.61	17.93
20	7.3	0.89	6.27	2.83	1.37	3.48	17.46	40.26	49.29	10.45
26	7.96	0.78	9.7	1.64	1.25	2.97	-	26.21	49.9	23.89
27	7.95	1.14	4.31	3.38	1.41	1.1	-	28.58	45.24	26.18
28	7.44	0.75	7.94	2.80	1.32	2.91	12.21	36.37	42.59	21.04
32	8.06	1.01	10.2	2.48	1.29	3.06	-	50.08	40.28	9.64
33-1	7.71	0.64	8.95	2.65	1.43	3.31	20.07	51.94	37.45	10.61
35	7.56	0.84	10.48	2.70	1.09	1.83	-	39.64	19.73	40.63

Tablo 5. Çıplak alan topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal değerleri
Table 5. Some physical and chemical values of bare land soils.

Örnek No	pH 1:2.5 top-su	EC (dSm ⁻¹)	Nem (%)	Kireç CaCO ₃ (%)	Kuru Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Organik Karbon (TOK) (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
6	8.53	1.56	0.73	3.45	1.47	0.03	4.1	3.9	92
7	8.22	21.8	11.2	2.45	1.63	0.42	22.18	75.64	2.18

Toprak reaksiyonu (pH)

Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5 'de sunulan analiz sonuçlarının ortalamaları alınarak her kullanım türü için toprak özelliklerine ait ortalama değerler belirlenmiştir. Buna göre mera alanlarının ortalama pH değeri 7.96, sulak ve bataklık alanların 7.77, diğer tarım alanlarının 7.79, çeltik alanlarının 7.73 ve çıplak alan topraklarının 8.37 olarak saptanmıştır.

Elektiriksel iletkenlik (EC dSm⁻¹)

Mera alanlarının ortalama EC değeri 3.46 dSm⁻¹, sulak ve bataklık alanlarının 3.99 dSm⁻¹, diğer tarım alanlarının (buğday, ayçiçeği, mısır, bağ-bahçe) 0.5 dSm⁻¹, çeltik alanlarının 0.79 dSm⁻¹ iken çıplak alanların ortalama EC değeri ise 8.37 dSm⁻¹ dir.

Gravimetrik nem (%)

Ortalama nem içeriğine bakıldığında mera alanlarının %6.67, sulak ve bataklık alanlarının %8.19, diğer tarım alanlarının %3.96, çeltik alanlarının %7.86 ve çıplak alan topraklarının nem içeriğinin ise %5.96 olduğu görülmektedir.

Kireç (% CaCO₃)

Toprakların kireç içeriği mera alanlarında ortalama %3.41, bataklık ve sulak alanlarında % 6.12, diğer tarım alanlarında (buğday, ayçiçeği, mısır, bahçe) %2.92, çeltik tarımı yapılan alanlarda %2.96 ve çıplak alanlarda ise %2.95 olarak belirlenmiştir.

Kuru hacim ağırlığı (gr cm⁻³)

Kuru hacim ağırlığı (db) ise ortalama olarak mera alanlarında 1.32 gr cm⁻³ , sulak ve bataklık alanlardaki toprakların db 1.18 gr cm⁻³ tarım alanlarının db 1.56 gr cm⁻³, çeltik alanlarının db'si 1.32 gr cm⁻³ ve çıplak alanlarının ortalama db'si ise 1.55 gr cm⁻³ olarak saptanmıştır.

Kil içeriği (%)

Analiz sonuçlarına göre, mera alanlarının ortalama kil içeriği %34.97, sulak ve bataklık alanların %56.58, diğer tarım alanlarının %32.08, çeltik alanlarının %38.75 ve çıplak alan topraklarının %13.13 olarak saptanmıştır.

Toprak organik karbonu içeriği (TOK)

Analiz sonuçlarına göre mera alanlarının ortalama toprak organik karbon içeriği % 3.72, sulak ve bataklık alanların %3.62, diğer tarım alanlarında (buğday, mısır, ayçiçeği, bahçe) % 1.67, çeltik alanlarında % 2.75, çıplak alanlarda ise ortalama % 0.22 olarak belirlenmiştir. Ortalama organik karbon miktarı mera alanlarına göre, sulak ve bataklık alanlarda %2.7 azalırken, buğday, mısır, ayçiçeği ve

bahçe tarımı yapılan alanlarda %55.1, çeltik tarımı yapılan alanlarda %26.1 ve çıplak alanlarda ise %94.1 azalmıştır.

Kasyon değişim kapasitesi (KDK)

Analiz sonuçları na göre mera alanlarının ortalama KDK değeri 20.65 cmol kg⁻¹, sulak ve bataklık alanların 22.02 cmol kg⁻¹, diğer tarım alanlarının 12.24 cmol kg⁻¹, çeltik tarımı yapılan alanların ise 17,58 cmol kg⁻¹olarak saptanmıştır.

TOK Stoku

Topraktaki TOK stoku aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOK (kgC ha}^{-1}\text{)} = \text{mgC kg}^{-1} (\text{KHA} \times 1000) \times 10000 \times \text{TD} / 1000000$$

Bu eşitlikte TOK, toprak organik karbonunu; mgC kg⁻¹, toprak örneklerin organik karbon miktarını; KHA, toprak kuru hacim ağırlığını (g cm⁻³); TD, alınan toprak örneğinin derinliğini (m) ifade etmektedir

Toprak derinliği olarak yüzeyden itibaren 30 cm'lik kısım dikkate alınmıştır.

İstatistiki Değerlendirme

Çalışma alanındaki farklı arazi kullanım türlerinin toprak özellikleri (ortalama) üzerine olan etkisi Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5' de verilen değerlerin ortalamalarından Duncan LSD testi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 6 da sunulmuştur.

Tablo 6. Farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisine ait ortalamalar

Table 6 . Averages of the effects of different land use types on some soil properties

Arazi Kullanım Türü	pH 1:2.5 top-su	EC dSm ⁻¹	Gravimetrik nem (%)	Kuru hacim ağırlığı (gr cm ⁻³)	Kil (%)	CaCO ₃ (%)	KDK (cmolk ⁻¹)	Toprak Organik Karbonu (TOK %)
Sulak ve Bataklık	7.77 A	3.99 B	8.19 A	1.18 B	56.58 A	6.12 A	22.02 A	3.62 A
Mera Alanları	7.96 A	3.46 B	6.67 BA	1.32 B	34.97 B	3.41 B	20.65 A	3.72 A
Çeltik Tarımı	7.73 A	0.79 B	7.86 BA	1.33 B	38.75 B	2.96 B	17.58 BA	2.75 BA
Diğer Tarım Alanları	7.79 A	0.50 B	3.96 B	1.56 A	32.08 B	2.92 B	12.24B	1.67 B
Çıplak Alanlar	8.37 A	11.68 A	5.96 BA	1.55 A	13.14 C	2.95 B	-	0.22 C

Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

Tablo 6'nın incelenmesi sonucunda, çalışma alanındaki farklı arazi kullanım türlerinin pH değeri üzerine etkisi, istatistiki olarak önemli (p>0.05) bulunmamıştır. Buna karşın arazi kullanım ve yönetim biçimlerinin EC, kuru hacim ağırlıkları, % kil içerikleri, % nem içerikleri, % kireç içerikleri, toprak organik karbon (TOK) içeriği ve kasyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur.

Çıplak alanlarda belirlenen yüksek EC değerinin sebebi, tuzlu deniz sularının bu alanlarda rüzgar ile serpinti ve gel git olayları ile bu alanlara ulaşabilmesi ve toprak tuzluluğunu etkilemesidir. Nitekim Karaoğlu ve Yalçın (2018), okyanuslarla ve denizlerle birleşen delta ovalarında, gel git olayları ve deniz serpintileri ile tuzlu suyun topraklara ulaşması, topoğrafya ve arazinin drenaj durumunun toprak tuzluluğunun başlıca kaynakları arasında olduğunu belirtmektedirler. İstatistiki olarak önemli bulunmasa da sulak ve bataklık alanlarda ve çeltik tarımı yapılan alanlarda diğer alanlara göre yüksek EC değerlerinin saptanması, bu bölgelerde taban suyunun daha yüksek seviyelere ulaşabilmesi ile açıklanabilmektedir.

Arazi kullanım türlerinin % nem içerikleri üzerine etkisi, istatistiki olarak önemli bulunması, buradaki sulak ve bataklık alanların yüksek kil içeriği ve arazi topoğrafyasına bağlı olarak su içeriğinin ve su tutma kapasitesinin yüksekliğinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Nitekim, topraktaki organik maddelerin ayrışmaya karşı direncini açıklamak için çeşitli mekanizmalar tarif edilmiştir. Bu mekanizmalardan biri de organik maddelerin kil tabakaları veya organik kompleksler gibi yüzeylere adsorpsiyonudur (Oades, 1989; Van Veen ve Kuikman, 1990).

Arazi kullanım türlerinin kireç içerikleri üzerine etkisi, istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Burada yüksek kil ve organik madde miktarına bağlı olarak çözünmüş kirecin kil minerallerine ve organik komplekslere sıkıca bağlanarak yıkanmaya karşı direnç göstermesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Arazi kullanım türlerinin katyon değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli bulunması, katyonların kil fraksiyonunun ve organik maddenin daha yüksek olduğu yerlerde kolay yıkanamamasından ve dolayısıyla KDK'nın buralarda daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan bazı çalışmalarda katyonların kil içeriği yüksek topraklarda yıkanmaya daha dirençli olduğu belirtilmiştir. Örneğin Yüksel ve Ekinci (2019), Meriç Nehri teraslarında yürüttükleri bir araştırmada, toprakların KDK değerlerinin içerdikleri kil miktarına göre değişiklik gösterdiğini, kil tekstürünün hâkim olduğu bir profilde KDK değerinin 65,26 cmolkg⁻¹ a kadar yükseldiğini bildirmektedirler.

Arazi kullanım türlerinin organik karbon (TOK) içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Bakir ve sulak alanların, tarıma açılan ve çıplak bırakılan arazilere oranla daha fazla miktarda organik karbon içerdiği belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu alanlarda kil ve nem miktarının fazla olması, bitki örtüsünün çeşitliliği ve ayrışmanın düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin Ladd ve ark., (1985), kil içeriği %5 ile %42 arasında değişen ve iklim koşullarında büyük farklılıklar olmayan topraklarda organik maddenin tutulmasını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, çalışma sonuçlarının organik karbon tutulmasının toprağın kil içeriği ile oldukça orantılı olduğunu gösterdiğini belirtmektedirler. Ayrıca, farklı kil minerallerinin özelliklerindeki farklılıkların da önemli bir etkisi bulunmaktadır (Van Veen ve Kuikman, 1990). Buna karşın toprak işlemenin yoğun olduğu, dönemsel olarak arazinin çıplak bırakıldığı tarıma açılmış alanlarda organik materyalin mineralizasyonu fazladır. Gauer ve ark., (1981), toprak kalitesini belirleyen parametrelerden olan toprak neminin toprak işleme ve yüzeyi çıplak bırakma gibi faktörlerden doğrudan etkilendiğini belirtmekte ve kontrolsüz yapılan bu tür uygulamaların topraktan olan buharlaşmayı doğrudan artırdığını vurgulamaktadırlar.

Çalışma Alanındaki Toprakların Organik Karbon Stokları

Çalışma alanındaki 5 farklı arazi kullanım türünden (sulak ve bataklık alanlar, mera alanları, diğer tarım alanları, çeltik alanları ve çıplak alanlar) alınan toprak örneklerinde yapılan analizler sonucu elde edilen veriler ile hektar başına düşen TOK miktarı ve TOK stoku Tablo 7 de sunulmuştur.

Tablo 7. Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre hesaplanan TOK miktarları

Table 7. TOC amounts calculated according to land use types in the study area

Arazi Kullanım Türü	Alan (ha)	Alan (%)	TOK Miktarı (ton C ha ⁻¹)	TOK Stoku (ton)	Tok Stoku (%)
Mera Alanları	575	20.29	147.31	84703	29.42
Sulak ve Bataklık Alanlar	308	1.87	128.15	39470	13.71
Diğer Tarım Alanları	1200	42.34	78.16	93792	32.58
Çeltik Alanları	631	22.27	108.9	68715	23.86
Çıplak Alanlar	120	4.23	10.23	1227	0.43
Toplam	2844	100	472.75	287907	100

Tablo 7' de görüldüğü gibi en yüksek TOK miktarları mera alanlarında (147.31 ton C ha⁻¹) ve bataklık alanlarda (128.15 ton C ha⁻¹) saptanmıştır. Burada, mera alanlarının TOK miktarının sulak ve bataklık alanlardan fazla bulunması, söz konusu meralarda gezinen hayvan miktarının fazlalığına bağlı olarak genellikle hayvan dışkılarıyla yoğun olarak desteklenmesi, ek olarak meraların genellikle nemli koşullarda ve sıklıkla da ıslak konumda olması nedeniyle organik maddenin fazla ayrışmamasından kaynaklanabilir. Ayrıca, bu alanlarda toprağın işlenmemesi toprak organik madde içeriğini de korumaktadır. Tarım alanları 78,16 ton C ha⁻¹, çeltik alanları 108.9 ton C ha⁻¹ TOK içermektedir. Buna karşın çıplak ve genellikle kumullardan oluşan alanların ise 10.23 ton C ha⁻¹ ile çalışma alanında en düşük TOK içeriğine sahip oldukları görülmüştür. Çalışma alanındaki toprakların ortalama TOK miktarının 94.55 ton C ha⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Sulak ve bataklık alanların buğday-ayçiçeği gibi tarım alanlarına dönüştürülmesiyle yaklaşık 50 ton C ha⁻¹, çeltik tarımına dönüştürülmesi ile ise ortalama yaklaşık 20 ton C ha⁻¹ TOK kaybının ortaya çıkacağı görülmektedir. Yöredeki çeltik alanlarının kış aylarında ve ürün yetiştirme döneminde genellikle su altında kalması nedeniyle organik maddenin

ayrışması diğer tarım alanlarına göre çok daha yavaş olmaktadır. Bu nedenle sulak -bataklık alanlar ile meraların çeltik alanlarına dönüştürülmesi ile ortaya çıkan TOK kayıpları diğer tarım alanlarından daha az olmaktadır.

ÇEM (2018) 'e göre Türkiye'deki meraların ortalama 49.77 ton C ha⁻¹, sulak alanların 49.71 ton C ha⁻¹, tarım alanlarının 35.96 ton C ha⁻¹ ve çıplak alanların ise 12.78 ton C ha⁻¹ TOK içerdiği belirtilmiştir. Kavak deltasında aynı arazi kullanım türlerinde saptanan TOK miktarlarının söz konusu çalışmadaki Türkiye ortalama değerleriyle kıyaslandığında yüksek olduğu ve sadece çıplak alanlardaki TOK değerlerinin çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durum Kavak Deltasının coğrafi konumu, bitki örtüsü, Kavak Çayı ile devamlı bir şekilde beslenmesi ve sürekli nemli ve ıslak koşullara sahip olması gibi nedenlere bağlı olabilir. Ayrıca Türkiye çapında yapılan çalışmanın çok geniş farklı coğrafi alanlardan elde edilen verilerin bir ortalaması olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında Kavak deltasının ortalama TOK değeri 94.55 ton C ha⁻¹ olarak saptanmıştır. Bu değer, ÇEM'in Türkiye genelinde yaptığı çalışmada Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi için verilen TOK değeri (100,68 ton C ha⁻¹) ile Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi (84.22 ton C ha⁻¹) değerlerine yakın bulunmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonuçlarına göre en yüksek TOK miktarı mera alanlarında (147.31 ton C ha⁻¹) ve bataklık alanlarda (128.15 ton C ha⁻¹) saptanmıştır. Tarım alanları 78.16 ton C ha⁻¹, çeltik alanları 108.9 ton C ha⁻¹ TOK içermektedir. Buna karşın çıplak ve genellikle kumullardan oluşan alanların 10.23 ton C ha⁻¹ ile çalışma alanında en az TOK içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Çalışma alanının ortalama TOK miktarının ise 94.55 ton C ha⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Sulak ve bataklık alanların buğday-ayçiçeği gibi tarım alanlarına dönüştürülmesiyle yaklaşık 50 ton C ha⁻¹, çeltik tarımına dönüştürülmesi ile de ortalama yaklaşık 20 ton C ha⁻¹ TOK kaybının ortaya çıktığı görülmektedir. Toprak işleme organik maddenin mineralizasyonunu hızlandırmakta, bunun yanında işlenen topraklarda C/N oranı da daralmaktadır (Seeber ve Seeber, 2005; ÇEM, 2018). Yöredeki çeltik alanları kış aylarında ve ürün yetiştirme döneminde genellikle su altında kalmaktadır. Bu nedenle bu alanlarda organik maddenin ayrışması diğer tarım alanlarına göre daha yavaş olmaktadır. Buna bağlı olarak, sulak -bataklık alanlar ile meraların çeltik alanlarına dönüştürülmesi ile ortaya çıkan TOK kayıpları diğer tarım alanlarına göre daha düşük olmaktadır.

Çalışmada elde edilen TOK miktarlarına ait sonuçlar ÇEM (2018)'e göre yapılan Türkiye geneli çölleşme risk sınıflarına göre incelenmiştir. Buna göre Kavak Deltasında küçük bir alan kaplayan (yaklaşık %4) arazi kullanım türlerinden çıplak alanlar, çok yüksek-çok yüksek çölleşme risk sınıfına girmektedir. Buna karşılık geri kalan tüm arazi kullanım türlerinin kapladığı alanlar çok düşük-çok düşük çölleşme risk sınıfında yer almıştır. İFADELER DOĞRU

Çalışma sonucunda, tarıma açılan alanlardaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bakir alanlara göre, önemli ölçüde farklı olduğu belirlenmiştir. Toprakların tuzluluk, katyon değişim kapasitesi, karbon içerikleri, kireç içerikleri, nem içerikleri doğrudan veya dolaylı yoldan TOK miktarını etkilemektedir.

Bakir sulak-bataklık alanların hızla tarıma açılarak kontrolsüz drene edilmesi, birer organik madde ve su rezervi olan bu bölgeleri sera gazı emisyonu rezervuarları haline getirme riskini artırmaktadır. Diğer yandan tarıma açılan alanlarda plansız sulama ile topraktaki tuzun bir kısmının yeraltı kaynaklarına yıkanması ve buradan da taban suyunun yükselmesiyle yeniden toprak yüzeyinde birikime yol açtığı görülmüştür. Buna ek olarak tarıma açılan alanlarda organik karbon ve dolayısıyla organik madde kaybına paralel olarak KDK değerlerinde de azalma olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları, tarıma açılan alanlarda önemli TOK kaybının olduğunu ve TOK stokunun sürekliliği bakımından bakir alanların (mera ve sulak-bataklık alanlar) korunması gerekliliğini göstermektedir. Ayrıca, bu çalışmanın yerel bir alanda yürütülmüş olsa da, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü'nün (ÇEM) Organik Karbon Projesinde belirlenen hedeflerden birisi olan "Toprak organik karbon stokunda ortaya çıkan değişimin izlenmesi" amacına katkı sağlayabilecek bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma makalesi ikinci yazarının ÇOMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans tez çalışması sonuçlarından üretilmiştir. Çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından ÇOMÜ- BAP FYL-2019/3038 proje numarasıyla desteklenmiştir. Katkılarından dolayı ÇOMÜ- BAP komisyon başkanlığına teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Anonim, 2021. İllerimize ait genel istatistik verileri. www. mgm.gov.tr , (17.04.2021).
- Batjes, N. H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the World. *European journal of soil science*. 47(2): 151-163.
- Black, C. A., Evans, D. D., Dinauer, R. C., 1965. *Methods of soil analysis* (Vol. 9, pp. 653-708). Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*. 5: 363-375.
- ÇEM. 2018. Toprak organik karbonu projesi. Teknik Özet, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Dikici, H., Qader, R. K., Demir, Ö. F., 2017. Karbon/azot oranının organik toprakların bazı özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Su Dergisi*. özel sayı: 66-70.
- Doran, J. W., Parkin, T. B., 1997. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. *Methods for assessing soil quality*. 49: 25-37.
- Ekinci, H., Kavdir Y., 2005. Changes in soil quality parameters after a wildfire in Gelibolu (Gallipoli) National Park, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*.14.12 (2005): 1184-1191.
- FAO, ITPS, 2015. Status of the world's soil resources (SWSR)–main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy 650.
- Gauer, E., Shaykewich, C. F., Stobbe, E. H., 1982. Soil temperature and soil water under zero tillage in Manitoba. *Canadian journal of soil science*. 62(2): 311-325.
- Gee, G. W. , Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*. 5: 383-411.
- Karaoğlu, M., Yalçın, A. M., 2018. Toprak tuzluluğu ve ılgır ovası örneği. *Journal of Agriculture*. 1(1): 27-41.
- Kavdir, Y., Özcan, H., Ekinci, H., Yüksel, O., Yiğini, Y., 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 28.3 (2004): 155-162.
- Ladd, J. N., Amato, M., Oades, J. M., 1985. Decomposition of plant material in australian soils. III. residual organic and microbial biomass C and N from isotope-labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field conditions. *Soil Research*. 23(4): 603-611.
- Menalled, F., Bass, T., Buschena, D., Cash, D., Malone, M., Maxwell, B., Weaver, D., 2008. An introduction to the principles and practices of sustainable farming. Montana State University.
- Morisada, Y., Miyamoto, Y., 2004. SiC-coated carbon nanotubes and their application as reinforcements for cemented carbides. *Materials Science and Engineering*. A 381.1-2 57-61.
- Nelson, D. W., Sommers, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter 1. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties methods of soil. 539-579.
- Oades, J. M., 1989. An introduction to organic matter in mineral soils. *Minerals in soil environments*. 1: 89-159.
- Okrusko, H., 1993. Transformation of fen-peat soils under the impact of draining. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 406: 3-73.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E., 2011. Küresel ısınmada ormanların karbon tutulumuna etkisi: Tarsus-Karabucak örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*. Özel: 313-319.
- Rasmussen, Paul E., Harold P. Collins, 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in agronomy*. 45(Academic Press): 93-134.
- SAS Institute, 2001. SAS/STAT user's manual, version 8.2.
- Schidlowski, M., 1988. A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks. *Nature*. 333: 617-619.
- Schlichling, E., Blume H.P., 1966. *Bodenkundliches praktikum*, Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin
- Seeber, J., Seeber, G. U. H., 2005. Effects of landuse changes on humus forms on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol). *Geoderma*. 124: 215-222.
- Sivrikaya, F. ve Bozali, N., 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu planlama birimi örneği. " *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 14.1. Special Issue (2012), 69-76.
- Sumner, M.E., William P. M., 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of soil analysis part 3—chemical methods of soil*. 1201-1229.
- Sümengen, M., Terlemez, I., 1991. Stratigraphy of eocene sediments in the Southwest Thrace. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 113(113): 15-29.

- Uysal, İ., Tosunoğlu, M., 2012. Kavak Deltası (Saroz Körfezi)'nın herpetofaunal zenginliği. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*. 3(2): 52-58.
- Van Veen, J. A., Kuikman, P. J., 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry*. 11(3): 213-233.
- 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.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.

“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 arttırılabilir. 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., Maraslı, 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.