



EÜ Ziraat Fakültesi Adına Sahibi (Director):

Prof. Dr. İsmail Can PAYLAN

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

Sorumlu Müdür (Publishing Manager)

Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK

Baş Editör (Editor-in-Chief):

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Yardımcı Editör (Associate Editor)

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Yabancı Dil Editörleri (Foreign Language Editors)

Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSÜR

Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK

Prof. Dr. Özer Hakan BAYRAKTAR

İndeks Editörü (Index Editor)

Doç. Dr. Oktay YERLİKAYA

Teknik Editör (Technical Editor)

Doç. Dr. Çağrı KANDEMİR

ISSN 1018-8851

e-ISSN 2548-1207

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

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

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

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

Konu Editörleri (Section Editors)

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSÜR

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK

Prof. Dr. Hakan GEREN

Dr. Öğr. Üyesi İkbâl AYGÜN

Doç. Dr. Ali Rıza ONGUN

Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN

Dr. Öğr. Üyesi Ece SALALI

Dr. Öğr. Üyesi Emrah ZEYBEKOĞLU

Dr. İlkey ALKAN

Bitki Koruma

(Plant Protection)

Zootekni

(Animal Science)

Süt Teknolojisi

(Dairy Technology)

Tarla Bitkileri

(Field Crops)

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği

(Agricultural Machinery & Technologies)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

(Soil Science & Plant Nutrition)

Peyzaj Mimarlığı

(Landscape Architecture)

Tarım Ekonomisi

(Agricultural Economics)

Bahçe Bitkileri

(Horticulture)

Tarımsal Yapılar ve Sulama

(Agricultural Structures & Irrigation)

Yayın Tarihi: 14.03.2025

Yazışma Adresi

(Correspondence Address)

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

e-mail: ziraatbasinyayin@mail.ege.edu.tr – ziraatbasinyayin@gmail.com

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



Uluslararası Yayın Kurulu (International Editorial Board)

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

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)

Analysis of factors affecting the import demand for wheat and corn in Türkiye using the Seemingly Unrelated Regression Method

Türkiye’de buğday ve mısır ithalat talebini etkileyen faktörlerin Görünüşte İlişkisiz Regresyon Yöntemine göre analizi

Kurtuluş MERDAN, Şafak Ertan ÇOMAKLI 1

Assessing ecosystem services of urban blue-green infrastructure in Karşıyaka, İzmir

Kentsel mavi-yeşil altyapıda ekosistem servislerinin hesaplanması: Karşıyaka, İzmir

Ahsen Tuğçe YÜKSEL, Çiğdem COŞKUN HEPCAN 19

A research on factors affecting fresh fruit and vegetable producers' tendency to participate in cooperatives

Yaş meyve ve sebze üreticilerinin kooperatiflere ortak olma eğilimini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma

Dilek YÜCEL ENGİNDENİZ, Murat YERCAN 35

Investigation of pressure drop in main air line of pipeline milking system

Süt borulu sağım sistemi ana vakum hattında basınç kayıplarının incelenmesi

Damla DOĞU, Vedat DEMİR 49

Perceptions of climate change and adaptation measures among wheat and barley producers

Buğday ve arpa üreticilerinin iklim değişikliği algıları ve uyum önlemleri

Koffi Romaric GASSI, Hacer ÇELİK ATEŞ 63

Effects of conventional and ridge planting methods at different plant densities on yield and yield components in chickpea

Nohutta farklı bitki sıklıklarında konvansiyonel ve sırta ekim yönteminin verim ve verim bileşenleri üzerine etkisi

İrfan ERDEMCİ, Medeni YAŞAR, Murat KOÇ 77

Çiftçilerin tarımsal plastik atıklara yönelik tutumlarının çevresel sürdürülebilirlik açısından incelenmesi

Examining farmers' attitudes towards agricultural plastic waste in terms of environmental sustainability

Salman DORU, Ela ATIŞ 87

Sürdürülebilir üniversite modeli açısından Yozgat Bozok Üniversitesi'nin yeşil yönetim sistemi kapsamında performans değerlendirilmesi

Performance evaluation of Yozgat Bozok University within the scope of green management system in terms of sustainable university model

Kübra YAZICI, Melek KAPLAN..... 101

Asma protoplastlarında CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme

CRISPR/Cas9-Mediated genome editing in grapevine protoplasts

Hilal Betül KAYA..... 117

DERLEMELER (REVIEWS)

Bahçe bitkilerinde önemli karakterlerle ilişkili moleküler belirteçlerin Küme Segregasyon Analizi (BSA) ile belirlenmesi

Determination of molecular markers related with important characteristics using Bulk Segregant Analysis (BSA) in horticultural plants

Zeynel DALKILIÇ..... 133

Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):1-18

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1467449>

Kurtuluş MERDAN^{1*} 

Şafak Ertan ÇOMAKLI² 

¹ Gümüşhane University, Vocational School of Social Sciences, 29000, Gümüşhane, Türkiye

² Hacı Bayram Veli University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, 06000, Ankara, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):
kurtulus_m@hotmail.com

Analysis of factors affecting the import demand for wheat and corn in Türkiye using the Seemingly Unrelated Regression Method

Türkiye’de buğday ve mısır ithalat talebini etkileyen faktörlerin Görünüşte İlişkisiz Regresyon Yöntemine göre analizi

Received (Alınış): 10.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: In this study, it is aimed to analyze the determining factors on the import demand for wheat and corn, which have an important place in Türkiye's grain imports, with the "Apparently Unrelated Regressions" model.

Material and Methods: The data set used in this study consists of annual data covering the years 2006-2021. Stata program was used to analyze the data used in the study. Since Stata or Eviews programs do not provide the Standardized Beta (β) coefficient, statistical analyzes were performed using the formula in Microsoft Excel ($\beta = B \cdot SSX_i / SSY$).

Results: Only the one-year delayed value of wheat imports, which is one of the explanatory variables in the wheat import model, was found to be significant, according to the study's findings. In terms of factors influencing corn import demand, similar results were obtained. Only total corn consumption was found to be statistically noteworthy among the explanatory variables in the corn import model.

Conclusion: Based on these findings, wheat imports are influenced by changes in wheat imports from a year ago, while corn imports are influenced by changes in total corn consumption. Based on Türkiye's current structure and the findings obtained, it is understood that the country may continue to maintain its position as an importer of wheat and corn in the future.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, Türkiye'nin tahıl ithalatı içerisinde önemli yer tutan buğday ve mısır ithalat talebi üzerinde belirleyici faktörlerin "Görünüşte İlişkisiz Regresyonlar" modeli ile analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışmada kullanılan veri seti 2006-2021 yıllarını kapsayan yıllık verilerden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan verilerin analizinde Stata programından yararlanılmıştır. Stata veya Eviews programları Standardize Beta (β) katsayısını vermediğinden dolayı, Microsoft Excel'de formül kullanılarak ($\beta = B \cdot SSX_i / SSY$) istatistiki analizlere ulaşılmıştır.

Araştırma Bulguları: Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; buğday ithalat modelindeki açıklayıcı değişkenlerden sadece buğday ithalatının bir yıl gecikmeli değerinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar mısır ithalat talebine etki eden faktörler açısından da elde edilmiştir. Mısır ithalat modelindeki açıklayıcı değişkenlerden sadece toplam mısır tüketiminin anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Tüm bu bulgulardan hareketle buğday ithalatını bir yıl önceki buğday ithalatında meydana gelecek değişim, mısır ithalatını ise toplam mısır tüketiminde meydana gelecek değişim etkilemektedir. Türkiye'nin mevcut yapısı ve elde edilen bulgular dikkate alındığında gelecekte buğday ve mısır ithalatçısı konumunu sürdürebileceği anlaşılmaktadır.

Keywords: Corn, demand, import, wheat

Anahtar sözcükler: Mısır, talep, ithalat, buğday

INTRODUCTION

The rapid increase in the world population triggers the demand for food in the same direction. The sufficient amount of food necessary for the continuation of human life is tried to be met with limited resources. In terms of meeting this need, emphasis has been placed on wheat and corn products, which can adapt to climatic and soil conditions, are easy to produce, and have high yields and high nutritional value.

Grains are among the most common nutrients consumed by people in Türkiye, and wheat ranks first among the grains. Wheat and corn are the raw materials of flour and bakery products and are among the most necessary essential nutrient sources. Bakery products obtained from wheat are consumed in almost every region, and bakery products obtained from corn are widely consumed in the Black Sea Region. Products such as bread, pasta, beer, and animal feed can be obtained from wheat grains and corn is mainly used in the production of bread, corn syrup, starch, and animal feed.

When there is a decrease in wheat production both in the world and in Türkiye, the price of wheat and foodstuffs obtained from wheat increases. Similarly, the high demand for wheat and wheat products increases wheat prices. The price of red hard wheat, which was \$219/ton in 2019, especially when the effects of COVID-19 started, increased by 30% and reached \$284/ton in 2021. While the producer price in Türkiye was 1.21 TL/kg in 2019, it increased by 42% to 1.73 TL/kg in 2021 (TEPGE, 2022). No effect was observed on corn production that could cause market disruption. Recently, the increase in livestock raising has also increased the need for feed. The failure of the corn produced to meet the consumption needs has made import necessary. The most important factor affecting the corn market in recent years has been the increase in exchange rates. Therefore, each country should ensure sufficient production to feed itself and have sufficient wheat and corn in stock.

Unfair competition may arise in pricing due to the high quantity and limited demand of some products in the market. This may cause a decline in the cost coverage ratio of the producers and interruption of production. Accordingly, certain regulations have been made within the framework of the "Tenth Development Plan", such as ensuring food safety, effective marketing, ensuring stability in farmer incomes, reducing consumption losses, strengthening the administrative and technical structure, and using foreign trade tools effectively. These regulations were implemented in practice; however, farmers encountered certain problems in reality (Kızılaslan et al., 1996). Therefore, permanent steps should be taken to address the problems of the agricultural industry. The obstacles of the agricultural industry can be eliminated, and its competitive power can be increased by solving the problems related to infrastructure and operation. Problems in the agricultural structure are also present in the marketing of agricultural products. The distribution costs increase since there are many intermediaries in marketing channels and a large number of transfers of goods (Emeksiz et al., 2005).

Agricultural activities are dependent on climate events; therefore, they have certain risks and uncertainties. Hence, the supply of agricultural products cannot be increased or decreased at any time. In light of all these findings, support should be provided for agricultural products and support policies should be developed to reduce the negative effects that could be experienced in the agricultural industry. As in all countries of the world, support policies have become important tools for increasing agricultural production in Türkiye (Karlı et al., 2018).

In Türkiye, the first price support for agricultural products was provided by the "Wheat Act" in 1932 (Demirdöğen & Olhan, 2017). It was enacted to prevent the price decreases in agricultural products because of the "World Economic Depression" in the 1930s (Birtek & Keyder, 1975; Tezel, 2015). Later, wheat prices were determined by the government through Ziraat Bank, and the government started to buy wheat at a price above the market price (Birtek & Keyder, 1975). Due to the increase in purchases and the difficulty of storage, Ziraat Bank fell behind in the following years and was replaced by the Turkish Grain Board (TGB) in 1938. The TGB was assigned to purchase the products at the prices determined by the government and manage the prices (Tuna, 1989). During harvest periods, the Board purchased products from farmers according to the determined base and ceiling prices (Tuna, 2011). In light of this aim, the TGB purchased

corn for the first time in 1941 (Kırtok et al., 1997). This purchase continued irregularly until 1986. The authorities of the TGB were expanded after 1986 and it was authorized to purchase products at market prices, process and store the products, and regulate the domestic market to regularize purchases (Gül, 1998). During the production period between 1986 and 2001, the TGB continued to purchase grains and the agricultural market was shaped according to these purchases. This effect has continued since 2001 (Aktaş & Yurdakul, 2005; Taşdan, 2005; Narin, 2008; Karlı et al, 2018).

The Ministry of Food, Agriculture and Livestock has been providing deficiency payment support for grain production since 2004. Fuel support was added to the deficiency payment in the same year, and fertilizer support was started in 2005. Recently, premiums and fuel-fertilizer support have become the most important support tools for wheat and corn producers (Karlı et al., 2018).

In this study, it was aimed to analyze the determining factors effective on the import demand for wheat and corn, which hold a significant place in Türkiye's grain imports, using the 'Seemingly Unrelated Regressions' model. The study, covering the period of 2006-2021, initially established a conceptual framework, followed by an examination of developments in international markets. Subsequently, wheat and corn trade in Türkiye was addressed, and finally, factors influencing the import demand for corn and wheat in Türkiye such as per capita national income, exchange rates, import prices of wheat and corn, consumption of wheat and corn, as well as lagged values of wheat and corn production were examined. In the conclusion of the study, an assessment was made, and various solution proposals were presented. This study also aimed to contribute to the existing literature, provide guidance for researchers planning future similar studies, and offer insights for the implementation of economic policies.

Developments in international markets

Grains are widely produced and consumed in almost every part of the world and used in both human nutrition and the production of basic foodstuffs. The most preferred grain groups include products such as wheat, corn, rice, barley, oats and rye.

Information on the world grain production by years was summarized in Table 1. The volume of grain production constantly increased from the 2011-12 production year to the 2020-21 production year. The increase in global grain production was due to the continued industrial use of corn and the increase in the use of wheat as animal feed. Grain production increased in countries such as Russia, the USA, Brazil, Kazakhstan, Canada and Australia, and it decreased in Argentina, Ukraine and the EU countries. The increase in the volume of production was greater than the increase in the amount of consumption. The increase in world grain stocks was due to the record-breaking increase in wheat stocks. World trade peaked in the 2020-21 production year compared to the previous year with a 21 million tons of increase and reached 416 million tons (Table 1).

Table 1. World grain quantity by years (Million tons)

Çizelge 1. Yıllara göre dünya hububat miktarları (Milyon ton)

Years	Production	Consumption	Stock	Trade
2011-12	1.879	1.862	431	274
2012-13	1.829	1.841	420	271
2013-14	2.043	1.956	506	310
2014-15	2.092	2.045	553	322
2015-16	2.058	2.013	598	346
2016-17	2.187	2.126	658	353
2017-18	2.142	2.152	648	369
2018-19	2.139	2.164	625	364
2019-20	2.185	2.190	617	395
2020-21*	2.226	2.235	609	416

Source: International Grain Council (IGC) April 2021. (*) Estimation Retrieved on March 20, 2023 from <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>

The findings about global grain production per year were presented in Table 2. World grain quantity has been increasing constantly. Production of wheat and corn is considered to increase due to the increase in world grain quantity. After corn, the volume of barley production has also increased; however, this increase has a spotty graphic. There is a slight increase in the production of oat and rye (Table 2).

Table 2. World grain production by years (Million Tons)

Çizelge 2. Yıllar itibariyle dünya hububat üretim miktarları (milyon ton)

Years	Wheat	Corn	Barley	Oat	Rye	Other	World
2011-12	701	907	134	23	13	101	1.879
2012-13	659	901	131	21	14	103	1.829
2013-14	718	1.032	145	24	17	107	2.043
2014-15	732	1.061	144	23	15	117	2.092
2015-16	740	1.023	150	22	13	111	2.058
2016-17	757	1.132	148	24	13	112	2.089
2017-18	763	1.090	145	24	13	105	2.139
2018-19	732	1.129	139	22	11	105	2.141
2019-20	762	1.125	156	23	13	106	2.185
2020-21*	774	1.140	159	26	15	112	2.226

Source: IGC April 2021 (*) Estimation, (**) Sorghum, Triticale, Millet and Hybrid Grain. Estimation Retrieved on March 20, 2023 from <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>.

Numerical overview of wheat production and trade in Türkiye

The decrease in the food supply versus the continuous increase in the population has caused agriculture to become an important sector. Türkiye has many different climate regions and microclimate areas due to its geographical location and structure, which is positively reflected in its agricultural production capability and agricultural competitiveness. The main elements that distinguish the agricultural industry from other sectors include its hypersensitivity to the climate and the lower amount of income earned by farmers in agricultural activities compared to other industries. Agricultural products are known to be sensitive to the supply-demand balance; however, the poor supply flexibility of agricultural products remains an important problem. This negativity is reflected in the economy in the form of excessive price fluctuations (Badem & Hurma, 2021).

The population of Türkiye, which was 68.626.337 in 2006, reached 84.680.273 in 2021. The population of Türkiye increased by more than 15 million and wheat production decreased by 3.350.000 tons in 16 years. Since wheat and wheat products were insufficient to meet the basic nutrition requirements of people during this period, it was necessary to import to meet this need. In light of these findings, it was concluded that the amount of wheat production failed to meet the amount of consumption and increased dependence on international resources.

Wheat production areas in Türkiye have decreased continuously from 2006 to the present day. Wheat production areas decreased from 8.490.000 hectares in 2006 to 6.628.739 hectares in 2022. Similarly, the production volume decreased from 21.010.000 tons to 19.750.000 tons. The amount of consumption shows a spotty distribution; however, the trend is constantly upward. The consumption amount, which was 18.943 thousand tons in 2006, increased by approximately 5.500 thousand tons in 2022 compared to 2006 and reached 24.400 thousand tons (Table 3).

The data on the wheat trade of Türkiye were summarized in Table 9. Between 2006 and 2021, wheat import volumes increased continuously, except for some years. The import volume, which was 239.874 tons in 2000, increased to 8.877.307 tons in 2021. While the wheat export volume was 685.673 tons in 2006, it reached 7.406.000 tons in 2021. The wheat export volume was higher than the import volume between 2006 and 2014; however, the increase in the wheat export volume remained well below the increase in import volume after 2014 (Table 4).

Table 3. Wheat production areas, production volumes, and consumption values in Türkiye by years**Çizelge 3.** Yıllara göre Türkiye'de buğday üretim alanları, üretim hacimleri ve tüketim değerleri

Years	Production Areas (Ha)	Production Volumes (Ton)	Amount of Consumption (A thousand tons)
2006	8.490.000	21.010.000	18.943
2007	8.100.000	17.234.000	16.882
2008	8.090.000	17.782.000	17.781
2009	8.100.000	20.600.000	16.961
2010	8.103.400	19.674.000	18.187
2011	8.096.000	21.800.000	19.610
2012	7.529.639	20.100.000	18.960
2013	7.772.600	22.050.000	19.230
2014	7.919.208	19.000.000	18.970
2015	7.866.887	22.600.000	18.795
2016	7.671.945	20.600.000	18.756
2017	7.668.879	21.500.000	18.187
2018	7.299.270	20.000.000	18.805
2019	6.846.327	19.000.000	20.070
2020	6.922.236	20.500.000	22.541
2021	6.744.666	17.650.000	24.200
2022	6.628.739	19.750.000	24.400

Source: TMO, 2024, Agricultural Products Markets. Strategy Development Directorate Agricultural Economics and Policy Development Institute. Retrieved on July 29, 2024 from <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2024Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1%20Raporu%20Temmuz-2024-v4.pdf>.

Table 4. Wheat import and export values of Türkiye by years**Çizelge 4.** Yıllara göre Türkiye'nin buğday ithalat ve ihracat değerleri

YEARS	IMPORT			EXPORT		
	Volume (Ton)	Value (1000 US Dollars)	Mean Export Price (US Dollars/Ton)	Volume (Ton)	Value (1000 US Dollars)	Mean Export Price (US Dollars/Ton)
2006	239.874	52.624	219	685.673	100.853	147
2007	2.147.107	570.390	266	18.281	9.132	500
2008	3.713.421	1.483.190	400	8.005	5.569	696
2009	3.380.378	901.858	266	301.457	60.692	201
2010	2.554.208	655.044	256	1.171.002	200.848	172
2011	4.770.836	1.685.391	353	3.877.699	1.897.485	489
2012	3.737.494	1.195.121	320	4.160.707	2.055.941	494
2013	4.074.862	1.371.838	337	4.935.452	2.507.376	508
2014	5.312.480	1.622.041	305	4.995.231	2.552.513	511
2015	4.380.795	1.175.849	268	5.685.425	2.468.153	434
2016	4.341.241	984.338	227	7.025.117	2.526.235	360
2017	5.159.613	1.149.518	223	7.389.854	2.626.173	355
2018	5.821.561	1.360.506	234	7.485.819	2.715.860	363
2019	9.841.621	2.330.944	237	7.578.535	2.905.105	383
2020	9.791.057	2.444.384	250	7.560.885	2.983.472	395
2021	8.877.307	2.692.627	303	7.406.000	3.259.000	440

Source: TUIK, 2022, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>.

The data on the current and real wheat prices in Türkiye were summarized in Table 5. Within the scope of the findings obtained from the table, it was observed that the current wheat price increased from 0.40 TL to 2.25 TL/kg between 2006 and 2021. The current price of wheat increased 17.78 times from 2006 to 2021. The greatest increase in current wheat prices was between 2018-2020. During this period, the increase in current prices was approximately 57.1%. Double-digit increases in inflation rates had a great effect on this price increase. When we realized wheat prices as of 2006 and 2021, it was found that they increased from 0.31 TL to 0.39 TL in 2006 prices. The lowest wheat price in real terms was calculated as 0.29 TL/Kg in 2018. The greatest difference between real wheat prices and current wheat prices was 24.94% in 2021 (Table 5).

Table 5. Wheat prices in Türkiye (Real and Current Prices)

Çizelge 5. Türkiye'de buğday fiyatları (Cari ve Reel Fiyatlarla)

Years	Current Wheat Price (TL/kg)	Real Wheat Price (based on 2003)	Rate of Change in Current Wheat Price (%)	Rate of Change in Real Wheat Price (%)	Difference Between Rates of Change (%)
2006	0.40	0.31	-	-	-
2007	0.43	0.30	6.25	-2.30	-8.55
2008	0.48	0.31	11.76	1.20	-10.57
2009	0.50	0.30	5.26	-0.93	-6.19
2010	0.55	0.31	10.00	1.32	-8.68
2011	0.61	0.32	10.00	3.31	-6.69
2012	0.67	0.32	9.92	0.94	-8.98
2013	0.72	0.32	8.27	0.72	-7.55
2014	0.74	0.31	2.78	-5.58	-8.36
2015	0.86	0.33	16.49	8.19	-8.30
2016	0.91	0.32	5.57	-2.05	-7.62
2017	0.94	0.30	3.30	-7.06	-10.36
2018	1.05	0.29	11.70	-3.98	-15.68
2019	1.35	0.32	28.57	11.63	-16.94
2020	1.65	0.35	22.22	8.86	-13.36
2021*	2.25	0.39	36.36	11.42	-24.94

Source: TUIK, 2022 (*Average prices for the first six months). Retrieved on March 18, 2023 from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>.

Within the scope of the findings on wheat production in Türkiye and according to the report published by the United Nations (UN) in 2022, Türkiye ranked first among the countries that imported the highest quantity of wheat. According to this report, the wheat import volume of Türkiye was aimed at use as raw materials in export-oriented production. According to the 2022-2031 Food Outlook report prepared by FAO and the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Türkiye is one of the countries producing the highest quantity of wheat. Despite all these positive developments, the production volume of Türkiye has decreased, and the consumption volume has increased over years. Compared with the increasing population, it has been revealed that the production volume is not sufficient to meet the amount of consumption. Drought and the increase in fertilizer and fuel prices have been listed as the main reasons for the decrease in production volume in recent years (BBC NEWS, 2023).

Numerical overview of corn production and trade in Türkiye

Bread is the most common basic foodstuff in Türkiye, and the raw material of bread is grain. Although wheat ranks first among the grains, corn bread is also widely consumed in some regions of the Black Sea Region.

Corn plant produced in Türkiye is used both in the form of grain and herbaceous trunk. Corn grains are used in making bread or as snacks, and they are used in the glucose, starch, and feed industry. The herbaceous trunk of corn is used as animal feed (Şahin, 2001).

Corn production has noticeably increased in Türkiye after the 1980s, especially with the increase in the number of irrigable areas with the Southeastern Anatolia Project (GAP). The reasons for this increase include the promotion of corn production by the government, the introduction of modern production techniques, the spread of corn production in irrigation areas, the increase in the use of hybrid seeds, and the use of fertilizers on a certain scale. The largest share of the corn trade in Türkiye belongs to feedstuff with a consumption of approximately 70%. The starch industry ranks second with a consumption capacity of up to 20%. The third is ethanol production. Recently, ethanol production has become an important sector that is constantly growing and developing in Türkiye as well as in the world (Nogay, 2019; Demirbaş & Akkurt, 2021).

The most suitable region for corn production in Türkiye is the Black Sea Region. The widespread cultivation of crops that generate higher income such as tea and hazelnuts in the region and the natural structure of the region restrict the expansion of corn cultivation areas. After the Black Sea Region, the Eastern Mediterranean, and the Southeastern Anatolia Regions, where there is a significant increase with the effect of irrigation, have a share in corn production. It was stated that the suitability of climatic conditions and GAP had an effect on the important share of corn in Southeastern Anatolia (Yaşa & Kutlar, 2019). Manisa and Konya were listed among the other provinces with expanded corn cultivation areas (TEPGE, 2021).

Corn cultivation areas in Türkiye had spotty progress from 2006 to 2021. The greatest decrease in corn cultivation areas during this period was experienced in the 2018 marketing year. Corn cultivation areas started to increase again with the marketing years of 2019 and 2020. Although the corn production volume was parallel to the amount of consumption over the years, the increase in the production volume was greater than the increase in the amount of consumption. The volume of corn production decreased in the 2007, 2009, 2011, 2017, and 2018 marketing periods and started to increase at increasing rates as of 2019 (Table 6).

Table 6. Corn cultivation areas, production volume and consumption values in Türkiye by years

Çizelge 6. Yıllar itibarıyla Türkiye’de mısır ekim alanı, üretim miktarı ve tüketim değerleri

Years	Cultivation Areas (Ha)	Production Volume (Ton)	Amount of Consumption (A thousand tons)
2006	536.000	3.811.000	4.000
2007	517.500	3.535.000	4.600
2008	595.000	4.274.000	5.125
2009	592.000	4.250.000	5.142
2010	594.000	4.310.000	5.153
2011	589.000	4.200.000	5.253
2012	622.609	4.600.000	5.112
2013	659.998	5.900.000	5.757
2014	658.645	5.950.000	6.650
2015	688.170	6.400.000	6.834
2016	680.019	6.400.000	5.913
2017	639.084	5.900.000	7.074
2018	591.900	5.700.000	7.804
2019	638.829	6.000.000	7.866
2020	691.632	6.500.000	7.706
2021	-	6.750.000	7.430

Source: TMO, 2022. Retrieved on March 23, 2023 from <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/alim/2022/hubmudalimfyt.pdf> TÜİK, 2022. Retrieved on March 18, 2023 from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>.

The findings about the import and export values of corn in Türkiye were presented in Table 7. Between 2006 and 2021, the import volume had a spotty but increasing course. The import volume of corn, which was 30.579 tons in 2006, increased to 1.566.200 tons in 2021. On the other hand, there was a decrease in the export volume from 2006 to 2021. Despite the increase observed in some years, there was a decrease in general. The export volume, which was 192.950 tons in 2006, decreased to 25.454 tons in 2021. The value paid for imports was always above the value obtained from exports except in 2006 (Table 7).

Corn prices in Türkiye by year are given in Table 8 as TGB and Stock Exchange Prices. According to the table, TGB corn purchase prices have started to be announced since 2008. The purchase price of corn, which was 361 \$/ton in 2008, decreased to 230 \$/ton in 2021. Corn purchase prices decreased in 2009, 2011, 2015, 2017 and 2018. In other years, purchase prices have increased. The stock market price decreased in 2008, 2012 and 2015 compared to the previous year. In other years, the stock market price of corn increased continuously (Table 8).

Table 7. Import and Export Values of Corn in Türkiye

Çizelge 7. Türkiye'de Mısırın İthalat ve İhracat Değerleri

YEARS	EXPORT		IMPORT	
	Volume (Ton)	Value (1000 US Dollars)	Volume (Ton)	Value (1000 US Dollars)
2006	30.579	12.702	192.950	29.219
2007	1.128.456	269.338	8.320	8.896
2008	1.151.407	381.938	15.056	24.948
2009	485.131	135.136	32.534	81.323
2010	452.363	124.157	10.649	26.006
2011	381.293	136.119	13.945	27.923
2012	807.481	245.919	20.359	33.820
2013	1.548.133	473.138	180.511	88.124
2014	1.423.595	350.247	64.618	63.290
2015	1.487.005	344.333	75.185	51.032
2016	534.791	128.639	44.136	49.044
2017	2.055.543	425.673	117.976	53.038
2018	2.122.734	438.014	37.762	43.878
2019	2.862.081	572.604	22.859	24.687
2020	2.678.592	514.703	15.055	21.432
2021	1.566.200	390.450	25.454	23.435

Source: TUIK, 2022. Retrieved on March 18, 2023 from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>

Table 8. Corn prices in Türkiye by years

Çizelge 8. Yıllara göre Türkiye'de mısır fiyatları

Years	TGB Purchase Price(\$/Ton)	Rate of Change in TGB Purchase Price (%)	Stock Exchange Price (TL/Ton)	Stock Exchange Price Rate of Change (%)
2006	No Price	-	390	-
2007	No Price	-	452	13.72
2008	361	-	430	-5.12
2009	302	-19.54	455	5.50
2010	327	7.65	530	14.15
2011	300	-9.00	593	10.63
2012	330	9.10	576	-2.95
2013	331	0.30	601	4.16
2014	333	0.60	678	11.36
2015	245	-35.91	677	-0.15
2016	252	2.77	694	2.45
2017	217	-16.13	782	11.25
2018	173	-25.43	943	6.47
2019	210	17.62	1.152	18.14
2020	223	5.83	1.396	17.48
2021	230	3.04	1.440	3.19

Source: TMO, 2021. Retrieved on March 18, 2023 from <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/istatistikler/Çizelgeler/5msireuva.pdf>

Customs duties have been one of the main policy tools affecting the corn market in recent years. With the decree published on October 21, 2020, the tax rate of 25% was reduced to zero and this implementation was extended until January 1, 2022. Zero customs duty facilitated imports and contributed to the production. Nevertheless, increases in exchange rates can increase the cost of imports (TEPGE, 2021).

The legal regulations regarding the markets where corn and its derivatives are traded directly affect the domestic and foreign markets. The best example of this was the GMO regulation enforced in November 2019 and the "Biosafety Law" enacted in March 2010. In addition to these laws, two GMO corn varieties were allowed for feed use in the 2020 marketing year. As a result of the implementation of these laws and permits, the GMO corn variety with feed use permits increased to 23 (TEPGE, 2021).

Literature Review

Although there are numerous studies in the literature on staple food products examining demand forecasts and factors affecting demand, there are very few studies specifically addressing the factors influencing import demand for wheat and corn. In the domestic literature, the first study was conducted by Karkacier (2000), who attempted to identify the factors influencing the import demand for dairy products in Türkiye. In the study, it was found that domestic prices, per capita income, and exchange rate affected the import demand for milk and dairy products in Türkiye. The second study was conducted by Hatırlı et al. (2002). The study covered the period between 1983 and 2000 and used the "Seemingly Unrelated Regressions" method. According to the findings of the study, per capita income, import prices of sunflower and soybean oil, the volume of soybean oil production in the previous year, and the import amounts were found to be statistically significant among the factors affecting soybean oil. In terms of the sunflower oil import model, it was determined that the sunflower oil production, total sunflower oil demand, and import amounts of the previous year were significant; however, the import prices of soybean and sunflower oil were not found to be statistically significant. The third study was carried out by Şimşek & Kadılar (2004). The study involved the statistical analysis of the total import demand in Türkiye between 1970 and 2002. The study analyzed the long-term relationship between import demand and the factors affecting import demand. As a result, it was mentioned that financial, monetary, and exchange rate policy instruments could be used to correct the trade balance. Another study of the literature was carried out by Göktolga (2006). This case looked at the import demand for meat and meat-related products. The import demand for vegetable oil and its products was looked at in a separate exploratory implemented by Kızılaslan & Kızılaslan (2006) in the same year. The first survey on wheat import demand was prosecuted by Uzunöz & Akçay (2009). The factors influencing the demand for imported wheat from 1984 to 2006 were examined in this investigation. Türkiye's wheat import demand was considered a function of domestic demand in the case study. Prices, GDP per capita, Turkish Lira-US dollar exchange rate, delayed imports, wheat production value, domestic demand, and trend factors were discussed as variables in the study. The case's data indicated that domestic wheat price changes had an outstanding impact on wheat prices. The most substantial development within the scope of the results is that Turkish consumers are gradually preferring to purchase domestic wheat over imported wheat. Another study was conducted by Adıgüzel et al. (2012). This study discussed the long-term effect of the financial system on import demand. The data used in the study included the period of eight years from the date of implementation of the "Transition to a Strong Economy Program". When the data used in the study were analyzed, it was observed that both national cash flow and relative prices positively affected import demand. Another study was conducted by Boz & Hüseyinli (2019) on the production and import of bananas based on data from the period between 1994 and 2015 in Türkiye. As a result of the analysis, a linear but weak relationship was found

between the producer banana price and the banana imports, a positive and strong relationship between the exchange rate and the producer banana prices, and a linear but weak relationship between the exchange rate and the logarithm of the banana imports. As a contribution to the findings obtained in the study, the banana production of Türkiye is far behind in meeting the demand for bananas. For this reason, Türkiye is a country dependent on banana imports to meet the demand for bananas. Arı (2021) conducted another research that is thought to be relevant to the topic. The impact of economic expansion and the exchange rate on import demand was examined in this study. FMOLS (fully modified ordinary least square) and DOLS (Dynamic OLS) estimation methods and cointegration tests were used in the case. According to the analysis's outcomes, income inequality has a positive impact on import demand. The research also found that while economic growth had a positive impression on imports, the real exchange rate had a negative effect.

Lee et al. (1994) conducted the first study on foreign literature. The AIDS (Almost Ideal Demand System) model was employed in the investigation to predict Japan's need for wheat imports. Mao et al. (1997) published another study about Japan. They investigated the demand for wheat import in their research. The study's conclusion revealed that US wheat and Japanese wheat were fierce competitors. Tanyeri-Abur & Russon (1998) published yet another case to designate import demand. The study handled the import demand for dairy products on the basis of Mexico. The case concluded that the amount of dairy product imports could not be predicted in the future and that income elasticity and real exchange rate elasticity were comparable. Ramirez et al. (2003) published yet another study about Mexico. The study estimated cheese import demand. Andino & Kennedy (2004) discussed the elements influencing the import demand for Honduran coffee in another review of the literature. According to the subject, variations in import prices and revenues had an efficiency on sales of Honduran coffee. A final survey on wheat import demand was conducted by Valencia-Romero, Trejo-García & Ríos-Bolívar (2023) in Mexico. The autoregressive distributed delay (ARDL) model and cointegration analysis were both used in the study. Variables such as the real exchange rate, wheat prices, and income level are discussed in the study as factors influencing wheat import demand. At the conclusion of the study, it was confirmed that among the major factors affecting imports in the short term were the exchange rate and the date of imports. In the long run, exchange rates and economic activity were only predictive in the low quantiles.

Studies available in the literature have identified that agricultural product prices, import quantities, and exchange rates generally play a determining role in import demand. Based on findings from both domestic and international literature, factors acknowledged to influence the import of wheat and corn include per capita national income, exchange rates, import prices, total consumption quantities, and one-year lagged values of production and import quantities. The variables examined in this research were constructed by taking into consideration previous studies in the domestic literature, including the works of Hatırlı et al. (2002), Kızılaslan & Kızılaslan (2006), Uzunöz & Akcay (2009), as well as studies in the international literature by Lee et al. (1994) and Mao et al. (1997).

MATERIALS and METHODS

Data and Method

The data set used in this study consists of annual data covering the years between 2006 and 2021. Stata software was used to analyze the data of the study. Since the Stata or Eviews software did not provide the Standardized Beta (β) coefficient, the statistical analyses were performed on Microsoft Excel using a formula ($\beta = B \cdot SSX_i / SSY$). Definitions of the data are shown in Table 9.

Table 9. Data used in the study**Çizelge 9.** Çalışmada kullanılan Değişkenler

Variables	Using Variables	Source
ITM _{bgd}	Wheat import amount	TUIK
GDP	National income per capita	TUIK
RAT	Exchange rate	TCMB
ITH_P _{bgd}	Wheat import price	TUIK
TT _{bgd}	Total wheat consumption	TMO
TU _{bgd_t-1}	One year lagged value of wheat production	TMO
ITM _{bgd_t-1}	One year lagged value of wheat imports	TUIK
ITM _{msr}	Corn import amount	TUIK
ITH_P _{msr}	Corn import price	TUIK
TT _{msr}	Total corn consumption	TUIK
TU _{msr_t-1}	One year lagged value of corn production	TMO
ITM _{msr_t-1}	One year lagged value of corn imports	TUIK

The data for the studies were obtained from various sources, including the Turkish Statistical Institute, the Central Bank of the Republic of Türkiye, the Grain Board, numerous research conducted on the subject, and various institutions and organizations.

When the error term of the estimated equation is presumed to be correlated with the error term of other equations, the application of the 'Seemingly Unrelated Regressions' method becomes necessary. In other words, if there is a relationship among the error terms of the equations, the seemingly unrelated regressions method can be applied to enhance the efficiency of the estimated coefficients. Therefore, when multiple equations are to be estimated, it is necessary to test whether there is a relationship among the error terms of these equations. The general assessment of whether the variance-covariance matrix is diagonal is typically tested using the Likelihood Ratio (LR) and Lagrange Multiplier (LM) methods. The hypothesis test applicable for a two-equation system is as follows: $H_0: \sigma_{12} = 0$, $H_a: \sigma_{12} \neq 0$. Overall, as a result of the application of tests, if LR and LM are accepted as the alternative hypothesis, it is necessary to estimate each equation using the 'Least Squares Method' (LSM) instead of the 'Seemingly Unrelated Regressions' (SUR) model.

Per capita income, exchange rate, import prices, total consumption amounts, production volume, and import volume were considered factors affecting wheat and corn imports, and it was aimed to determine their development during the period examined. In the models presented below, e_{1t} and e_{2t} refer to the error terms related to wheat and corn import models, respectively.

$$ITM_{bgd} = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 RAT + \beta_3 ITH_P_{bgd} + \beta_4 TT_{bgd} + \beta_5 TU_{bgd_t-1} + \beta_6 ITM_{bgd_t-1} + e_{1t}$$

$$ITM_{msr} = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 RAT + \beta_3 ITH_P_{msr} + \beta_4 TT_{msr} + \beta_5 TU_{msr_t-1} + \beta_6 ITM_{msr_t-1} + e_{2t}$$

The definitions and descriptive statistics of the variables included in the models were presented in Table 10.

Jarque-Bera is a measure of goodness of fit used to measure divergence from the normal distribution and is derived from the transformation of kurtosis and skewness measurements. The H_0 hypothesis indicates that the data are normally distributed (IHS Markit-Eviews, 2020). Table 10 shows that all of the variables in the models have a normal distribution.

Table 10. Descriptive statistics of variables**Çizelge 10.** Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

Variables	Kısaltma	Min.	Maks.	Ort.	SS	J-B(p)
Wheat import amount (Ton/Year)	ITM _{bgd}	239873	9841621	4882936	2664361	0.970(0.615)
National income per capita (\$)	GDP	7500	11014	9702	1103	1.604(0.448)
Wheat import price (\$/Ton)	ITH_P _{bgd}	221	400	279	52	1.870(0.392)
Total wheat consumption (Ton/Year)	TT _{bgd}	16882	24200	19180	1866	5.129(0.077)
One year lagged value of wheat production	TU _{bgd_t-1}	17234000	22600000	20309375	1502171	0.861 (0.650)
One year lagged value of wheat imports	ITM _{bgd_t-1}	135595	9841621	4336579	2686862	1.080(0.582)
Corn import amount (Ton/Year)	ITM _{msr}	30579	3593167	1272830	964466	1.266(0.531)
Corn import price (\$/Ton)	ITH_P _{msr}	195	415	271	60	2.038(0.361)
Total corn consumption (Ton/Year)	TT _{msr}	4000	7866	6140	1186	0.685(0.709)
One year lagged value of corn production	TU _{msr_t-1}	3535000	6500000	5120625	1049296	1.794(0.407)
One year lagged value of corn imports	ITM _{msr_t-1}	30579	3593167	1154787	971154	2.356(0.308)
Exchange rate	RAT	65.25	127.39	101.241	18.197	1.238(0.538)

J-B: Jarque-Bera

RESULTS

While the assumptions of the classical linear regression model hold, the estimation of single-equation models through the 'Least Squares Method' (LSM) yields unbiased, consistent, and efficient predictors. The classical linear regression model assumes that the specification of the model is correct. In other words, the mathematical function of the model and its explanatory variables are comprehensive. If certain additional information exists and is not considered, predictors may fail to provide the characteristics related to the predictors in the classical linear regression model. In cases where multiple equations are to be estimated, the possibility of the error terms of these equations being correlated provides us with additional information, and it is essential to consider this information in predicting the model (Kmenta, 1971, as cited in Hatırlı et al., 2002). In order to determine whether LSM or seemingly unrelated regressions methods will be employed in forecasting wheat and corn import models, it is necessary to test whether the error terms of the two equations are interrelated. For this purpose, the Lagrange Multiplier (LM) and Likelihood Ratio (LR) tests were employed and used consecutively for the equation system. The LM test result was calculated as 0.248 ($p=0.618 > 0.05$), and the LR test result was 1.84 ($p=0.175 > 0.05$). Accordingly, both LM and LR test statistics accepted the hypothesis of "no relationship among error terms" ($p>0.05$). According to the test results, it was understood that there was no relationship among the error terms; therefore, there would be no benefit in obtaining parameter estimates through the SUR method. However, for the presentation of the analysis results obtained from both SUR and least squares methods, the outcomes are illustrated in Table 11.

When examining Table 11, the determination coefficients (R^2) for the wheat import model evaluated through the SUR method were found to be 0.899, and for the wheat import model assessed through the LSM method, it was 0.908. These coefficients were determined as 0.782 for the corn import model evaluated with the SUR method and 0.789 for the corn import model evaluated with the LSM method. It is observed that the determination coefficients in the models conducted with both methods were not different. Accordingly, the explanatory power of the included variables in the model was approximately 85% for wheat import and around 65% for corn import.

In this study, as time series data were used, three primary tests were considered for the evaluation of the distribution of error terms. Primarily, it is essential to test whether issues such as multivariate normal distribution, autocorrelation, heteroscedasticity, and multicollinearity pose significant problems for the

model. The non-significance of the Jarque-Bera test statistic for the multivariate normality distribution ($p > 0.05$) indicates that the residuals conform to a normal distribution (IHS Markit - Eviews, 2020). The p-values associated with the Jarque-Bera statistics for wheat and corn import models were found to be non-significant ($p > 0.05$), indicating that the residuals exhibited normal distribution and complied with the assumption of multivariate normality.

Table 11. Estimated model results

Çizelge 11. Tahmin edilen model sonuçları

Wheat Import Model	SUR Method (Seemingly Unrelated Regression)					LS method					VIF
	B	SH	β	t	p	B	SH	β	t	p	
GDP	-103.54	132.37	-0.042	-0.78	0.434	219.40	339.65	0.091	0.646	0.534	1.941
RAT	-125746	26465	-0.858	-4.75	0.000	-134147	35177	-0.916	-3.813	0.004	5.670
ITH_P _{bgd}	11019	5212	0.216	2.11	0.035	8737	7244	0.172	1.206	0.259	1.996
TT _{bgd}	-64.173	218.24	-0.044	-0.29	0.769	89.998	316.08	0.063	0.285	0.782	4.814
TU _{bgd_t-1}	-0.289	0.178	-0.163	-1.63	0.104	-0.501	0.291	-0.282	-1.721	0.119	2.646
ITM _{bgd_t-1}	0.200	0.196	0.201	1.02	0.307	0.031	0.293	0.031	0.107	0.918	8.571
$X^2 = 151.40$ $p=0.000$ $R^2=0.899$ $\Delta R^2=0.832$ Durbin Watson H=2.005						$F_{(6; 9)} = 14.874$ $p=0.000$ $R^2=0.908$ $\Delta R^2=0.847$ Durbin Watson H =2.021 B-P-G(p): 2.801(0.080) J-B(p): 5.315(0.070)					
Corn Import Model	B	SH	β	t	p	B	SH	β	t	p	VIF
	B	SH	β	t	p	B	SH	β	t	p	VIF
GDP	-103.54	132.37	-0.042	-0.78	0.434	-193.22	186.68	-0.221	-1.035	0.328	1.945
RAT	-11469	15939	-0.078	-0.72	0.472	-4427	20380	-0.083	-0.217	0.833	6.313
ITH_P _{msr}	-1288	2929	-0.029	-0.44	0.660	-1840	3707	-0.115	-0.497	0.631	2.307
TT _{msr}	748.66	254.76	0.333	2.94	0.003	845.23	323.90	1.039	2.610	0.028	6.773
TU _{msr_t-1}	-0.157	0.229	-0.061	-0.68	0.494	-0.103	0.299	-0.112	-0.343	0.740	4.528
ITM _{msr_t-1}	-0.196	0.231	-0.071	-0.84	0.398	-0.235	0.299	-0.236	-0.786	0.452	3.872
$X^2 = 50.08$ $p=0.000$ $R^2=0.782$ $\Delta R^2=0.637$ Durbin Watson H =2.365						$F_{(6; 9)} = 5.616$ $p=0.011$ $R^2=0.789$ $\Delta R^2=0.648$ Durbin Watson H =2.369 B-P-G(p): 0.795 (0.596) J-B(p): 0.492(0.781)					

B-P-G: Breusch-Pagan-Godfrey (Variances Homogeneity Test / Heteroscedasticity Test)

A significant deviation of the Durbin-Watson H statistic from 2 indicates a noteworthy sign of autocorrelation. If the H statistic falls below 1, this situation is considered to be in the region of instability (Gujarati, 1995, as cited in Hatirli et al., 2002). It is observed that the H statistics in the wheat and corn import models did not exhibit a significant deviation from 2, indicating the absence of autocorrelation in the models.

The Variance Inflation Factors (VIFs) are a method for measuring the level of collinearity (multicollinearity) among regressors in an equation. VIFs indicate the extent to which the variance of a regression coefficient estimation is inflated due to collinearity with other regressors (IHS Markit - Eviews, 2020). It was determined that the VIF statistics for multicollinearity were <10 , indicating the absence of multicollinearity issues among the independent variables in both wheat and corn import models. The Breusch-Pagan-Godfrey test (Breusch and Pagan, 1979; Godfrey, 1978) is a Lagrange multiplier test that assesses the null hypothesis of constant variance against the alternative hypothesis of changing variance for a vector of independent variables. Since the p-value associated with the Breusch-Pagan-Godfrey test statistic is greater than 0.05 ($p > 0.05$), it is understood that there is no issue of changing variance.

The analysis results indicate that, in the wheat import model using the SUR method, the effective exchange rate ($\beta=-0.86$; $t=-4.75$; $p=0.000$) and wheat import price ($\beta=0.22$; $t=2.11$; $p=0.035$) variables were statistically significant at the 5% significance level in influencing wheat imports. Similarly, in the LSM method, the effective exchange rate ($\beta=-0.92$; $t=-3.81$; $p=0.000$) variable was found to be statistically significant at the 5% significance level, while the wheat import price ($\beta=0.17$; $t=1.21$; $p=0.259$) variable

was determined to be statistically insignificant in influencing wheat imports. In both methodologies, the elasticity coefficient exceeding 0.70 indicates that a 1% increase (decrease) in wheat imports from the previous year would result in more than a 0.80% increase (decrease) in wheat imports. The SUR method revealed that the variables of per capita national income, total wheat consumption, lagged value of wheat production, and lagged value of wheat imports in the wheat import model did not have a significant impact on the quantity of wheat imports, while the LSM method indicated that per capita national income, wheat import price, total wheat consumption, lagged value of wheat production, and lagged value of wheat imports in the wheat import model were not statistically significant in influencing the amount of wheat import. There was no significant difference in the elasticity coefficients between the two models, but given the variation in the explanatory variable of wheat import price, a "test of the significance of the difference between two slope estimators" was conducted. This estimator takes into account the slope, standard error, and sample size of each line to determine whether the slopes of the two lines are significantly different from each other. A probability value lower than 0.05 indicates a significant difference between the two slopes (Soper, 2024). There was no significant difference in the coefficients of wheat import price between the two models ($t=0.255$; $p=0.800$), indicating that the explanatory effect of wheat import price was similar in both models.

The analysis results indicate that in the corn import model using the SUR method, the variable of total corn consumption ($\beta=0.33$; $t=2.94$; $p=0.003$) was statistically significant at the 5% significance level in influencing corn imports. Similarly, in the LSM method, the variable of total corn consumption ($\beta=1.04$; $t=2.61$; $p=0.000$) was found to be statistically significant at the 5% significance level in influencing corn imports. In both methodologies, the elasticity coefficient exceeding 0.70 indicates that a 1% increase (decrease) in corn imports from the previous year would result in an increase (decrease) of more than 0.70% in corn imports. In both the SUR and LSM methods, it was determined that the variables of per capita national income, effective exchange rate, corn import price, total corn consumption, lagged value of corn production, and lagged value of corn imports in the corn import model were not statistically significant in influencing the quantity of corn import (Table 11).

CONCLUSION

Wheat and corn are among the most basic nutrients used in human nutrition in Türkiye, similar to the entire world. Due to the COVID-19 pandemic, which has affected the world and continues to have an economic impact, the demand for wheat and wheat products is constantly increasing since wheat is the raw material of durable dry food products such as bakery products, pasta, semolina, and biscuits. This phenomenon lies in the foundation of the fact that Türkiye is a net wheat importer. Nevertheless, wheat prices are generally determined by supply, which is due to the poor demand elasticity of wheat. Wheat supply is determined by economic policies, climatic conditions, supports provided, and fuel and fertilizer prices. On the other hand, corn is used in making bread, animal feed, industrial raw material, or as a snack dish in some regions of Türkiye. Corn, which has a wide range of uses, has an important share among the grains grown in Türkiye in terms of cultivation area and production. Despite all these positive developments, the yield values of corn production in Türkiye are low; therefore, the amount of product obtained is low. The most basic reason for this is cultivating corn in almost every area without looking for suitable conditions for corn to grow. Only the Black Sea, Marmara, and Aegean regions should be approved for cultivation in order to obtain economic efficiency from corn production. If it is to be grown outside these regions, it is very important to apply the cultivation technique fully, to spread the use of quality seeds, and to solve the irrigation problems. Therefore, it is necessary to apply economic policies according to these variables to increase wheat and corn production.

The findings of the study emphasize that among the explanatory variables in the wheat import model, only the one-year lagged value of wheat imports and the exchange rate are statistically significant. In light of these findings, it is indicated that a 1% increase (decrease) in wheat imports from the previous year would

result in an increase (decrease) of more than 0.80% in wheat imports. The variables of per capita national income, wheat import price, total wheat consumption, and one-year lagged value of wheat production in the wheat import model were determined to be statistically insignificant in influencing the quantity of wheat imports, with only the exchange rate having a significant impact. Similar results were obtained concerning the factors influencing corn import demand. Within the scope of the findings obtained in the study, it was determined that among the explanatory variables in the corn import model, only total corn consumption was statistically significant. Based on this, it is highlighted that a 1% increase (decrease) in total corn consumption would lead to an increase (decrease) of more than 0.70 % in corn imports. It was determined that the variables of per capita national income, exchange rate, corn import price, lagged value of corn production, and one-year lagged value of corn imports in the corn import model were statistically insignificant in influencing the quantity of corn imports. Based on all these findings, it can be claimed that changes in wheat imports are influenced by variations in the previous year's wheat imports and exchange rates, while changes in corn imports are affected by alterations in total corn consumption.

No study has been encountered in the national literature that jointly examines the factors influencing wheat and corn import demand. A study by Uzunöz & Akcay (2009) has been conducted in Türkiye, focusing solely on determining the factors influencing wheat import demand. The results obtained from this study differ from those obtained in the research in terms of the variables employed. The results obtained in the study exhibit parallelism only in terms of the exchange rate variable. Two separate studies, similar to this research, have been conducted to examine the factors influencing the import demand for soybean and sunflower oil, as well as milk and dairy products. In the international literature, there exists a study conducted by Valencia-Romero, Trejo-García & Ríos-Bolívar (2023), focusing on the factors influencing wheat import demand. The results obtained in this study only exhibit similarity in terms of the exchange rate variable.

Considering the findings of the research and the current structure of Türkiye, it is understood that in the future, it can maintain its position as an importer of wheat and corn. At this point, some economic policies need to be revised. Policies regarding the export and import of wheat and corn differ compared to other commodities. The essential role of wheat as a staple food and corn as a fundamental source for both human and animal nutrition makes both products strategic foods. Since 2002, Türkiye has started importing wheat. Over the past 25 years, Türkiye has exported approximately 8 million tons of wheat while importing about 106 million tons in the same period. During this time, the gap between wheat exports and imports has consistently widened in favor of imports. A similar situation applies to corn. In this context, increasing efforts to enhance wheat and corn yields, reverting to the use of local hybrids, considering the prices of essential inputs such as chemical fertilizers and diesel fuel when setting wheat purchase prices, supporting small family farms, ensuring the state acts as the planner and enforcer of all agricultural practices, supporting cooperatives, and ensuring that the Turkish Grain Board (TMO) and agricultural market regulators operate in a manner that protects both producers and consumers are of great importance in reducing import dependency.

What distinguishes this study, which is anticipated to make a significant contribution to the literature, from other works is its fundamental characteristic of delineating the factors influencing wheat and corn import demand in Türkiye using the 'Seemingly Unrelated Regressions' method. No study addressing this topic has been encountered in the literature. The aim of this study was to guide future economic policies based on the findings obtained.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: KM, ŞEÇ; analysis and interpretation of data: KM, ŞEÇ; statistical analysis: KM; visualization: KM, ŞEÇ; writing manuscript: KM, ŞEÇ.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Statement

We declare that there is no need for an ethics committee for this research.

Financial Support

This study was not financially supported.

Article Description

This article was edited by Section Editor Dr. H. Ece SALALI.

REFERENCES

- Adıgüzel, U., T. Bayat & S. Kayhan, 2012. The long-run effect of the financial system on import demand: the case of Turkey. *Doğuş University Magazine*, 13 (2): 173- 188.
- Aktaş, E. & O. Yurdakul, 2005. The effect of support and technology policies on corn agriculture in Çukurova Region. *Journal of Çukurova University Faculty of Agriculture*, 20 (2): 19-28.
- Andino, J. & P. L. Kennedy, 2004. "A dynamic import demand analysis of Honduran coffee, 1-16". Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tulsa, Oklahoma, 1365 pp.
- Arı, A., 2021. Income inequality and import demand: cointegration analysis. *Journal of Dicle University Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 11 (22): 429-440.
- Badem, M. & H. Hurma, 2021. An overview of support policies in wheat, the main strategic product. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, 22 (1): 21-30.
- BBC NEWS, 2023. Why is Turkey the 3rd country that imports the most wheat? (Web page: <https://www.bbc.com/turkce/haberler-Turkey-62052338>) (Date accessed: March 12, 2023).
- Birtek, F. & C. Keyder, 1975. Agriculture and the state: An inquiry into agricultural differentiation and political alliances: The case of Turkey. *The Journal of Peasant Studies*, 2: 446-467.
- Boz, F. & N. Hüseyinli, 2019. A forecast modeling for banana production and imports in Turkey. *Journal of the Faculty of Applied Sciences*, 1 (1-2): 63-82.
- Breusch, T. S. & A. R. Pagan, 1979. A simple test for heteroskedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 48: 1287-1294.
- Demirbaş, N. & E. Akkurt, 2021. "Evaluation of self-sufficiency in corn production in Turkey, 798-809". XV. IBANESS Economics, Business and Management Sciences Congress Series (29-30 May 2021, Plovdiv / Bulgaria), 1540 pp.
- Demirdöğen, A. & E. Olhan, 2014. Evaluation of Turkey and Russia Agricultural Trade in Terms of Policy Change. *Journal of Agricultural Economics*, 20 (2): 101- 111.
- Emeksiz, F., M. Albayrak., Güneş, E., Özçelik, A., Özer, O. O & K. Taştan, 2005. "Evaluation of marketing channels and tools of agricultural products in Turkey, 1155-1171". VI Technical Congress, (3-7 January 2005, Ankara, Türkiye), 1263 pp.
- Godfrey, L. G., 1978. Testing for multiplicative heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 8: 227-236.
- Göktolga, Z. G., 2006. An analysis of import demand for meat and meat product in Turkey. *Journal of Agronomy*, 5 (1): 98-100.
- Gül, M., 1998. Production Costs and Producer Problems in Corn in Irrigated Areas of Yüreğir District. Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, (Unpublished) Master Thesis, Adana, 105 pp.
- Hatırlı, S. A., V. Demircan & A. R. Aktaş, 2002. Analysis of sunflower and soybean oil import demand. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 15 (2):71-79. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akdenizfderg/issue/1586/19705>.
- IGC, 2021. International Grains Council. (Web page: <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf>) (Date accessed: March 20, 2023).

- IHS Markit- Eviews, 2020. Eviews 12 User's Guide. IHS Global Inc., Seal Beach, CA.
- Karkacier, O., 2000. Milk and dairy products import demand analysis in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 421-427.
- Karlı, B., B. A. Kadakoğlu & G. Karadağ, 2018. Effects of agricultural supports on corn agriculture in Turkey. *Akademia Journal of Social Sciences, Special Issue 1 (ASM5)*:307-317. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asj/issue/40224/479035>.
- Kirtok, Y., H. Arıoğlu & O. Erkan, 1997. Corn Production in Turkey and Its Place in the Economy. Unpublished Report, Adana, 168 pp.
- Kızılaslan, H. & N. Kızılaslan, 2006. An analysis of import demand in vegetal oil and products industry in Turkey. *Journal of Applied Science*, 6 (4): 905-910.
- Kızılaslan, N., A. Z. Gürler & H. Kızılaslan, 1996. "Evaluation of cooperative partner relations in agricultural credit cooperatives in Turkey (example of Tokat Province), 383-393". Turkey 2nd Agricultural Economics Congress, (4-6 September 1996, Cilt.2, Adana, Türkiye), 441 pp.
- Lee, J. H., W. W. Koo & M. A. Krause, 1994. Japanese Wheat Import Demand. Agricultural Economics Report No: 317, Department of Agricultural Economics Agricultural Experiment Station North Dakota State University Fargo, N. Dakota, USA, 15 pp.
- Mao, W., W. W. Koo., J. P. Suomala & T. Sakurai, 1997. Wheat Import Demand in The Japanese Flour Milling Industry: A Production Theory Approach. AAEA Annual Meetings in Toronto, Canada, 14 pp.
- Narin, M., 2008. Change in agricultural support policies implemented in Turkey. *Economic Approach*, 19 (special issue): 183-225.
- Nogay, Y., 2019. Corn Seed Market Research and Factors Affecting Producers' Corn Seed Preferences: The Case of Sakarya Province. Tekirdağ Namik Kemal University Institute of Science and Technology, (Unpublished) Master Thesis, Tekirdağ, 187 pp.
- Ramirez, M. A., K. M. Jones., F. Arollebe & K. C. Raper, 2003. Estimating Import Demand in The Mexican Cheese Market. Staff-Paper 03-23, Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, USA, 14 pp.
- Şahin, S., 2001. Distribution of corn planting areas and corn production in Turkey. *Gazi University Journal of Gazi Education Faculty*, 21 (1): 73-90. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gefad/issue/6769/9109>.
- Şimşek, M. & C. Kadılar, 2004. Cointegration analysis of Turkey's import demand function with bounds test method: 1970-2002. *Doğuş University Magazine*, 5 (1): 27-34.
- Soper, D., 2024. Significance of the difference between two slopes calculator. (Web page: <https://www.danielsoper.com/statcalc/calculator.aspx?id=103>) (Date accessed: February 13, 2024).
- Tanyeri-Abur, A. & P. Rosson, 1998. Forecasting Mexican Import Demand for Dairy Products. Department of Agricultural Economics, Texas AM University, T77843-2124, FP 97.5. November, USA, 15 pp.
- Taşdan, K., 2005. Turkish Corn Market. Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, (Unpublished) PhD Thesis, Adana, Türkiye, 213 pp.
- TCMB, 2022. Indicative Central Bank Rates. (Web page: https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html) (Date accessed: July 19, 2023).
- TEPGE, 2021. Agricultural Products Markets. Egypt, Strategy Development Presidency Institute of Agricultural Economics and Policy Development. (Web page: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/Birle%C5%9Ftirilmi%C5%9F%20T%C3%9CP%20Raporlar%C4%B1/Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu%202022-Temmuz%20snzip.pdf>) (Date accessed: March 10, 2023).
- TEPGE, 2022. Agricultural Products Markets. Strategy Development Directorate Agricultural Economics and Policy Development Institute. (Web page: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/Birle%C5%9Ftirilmi%C5%9F%20T%C3%9CP%20Raporlar%C4%B1/Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu%202022-Temmuz%20snzip.pdf>) (Date accessed: March 13, 2023).

- TEPGE, 2024. Agricultural Products Markets. Strategy Development Directorate Agricultural Economics and Policy Development Institute. (Web page: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2024-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1%20Raporu%20Temmuz-2024-v4.pdf>) (Date accessed: July 29, 2024).
- Tezel, Y. S., 2015. Economic History of the Republican Era 1923-1950. Türkiye İş Bankası Cultural Publications, İstanbul, 712 pp.
- TMO, 2021. Year 2020 Cereals Sector Report. (Web page: Retrieved on March 18, 2023 from <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/istatistikler/Çizelgeler/5misireuva.pdf>).
- TMO, 2022. Year 2022 Cereals Sector Report. (Web page: <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/alim/2022/hubmudalimfyt.pdf>) (Date accessed: March 23, 2023)
- TMO, 2024. Agricultural Products Markets. Strategy Development Directorate Agricultural Economics and Policy Development Institute. (Web page: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2024-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1%20Raporu%20Temmuz-2024-v4.pdf>) (Date accessed: July 29, 2024).
- TUIK, 2022. Vegetable Production Amount. (Web page: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>) (Date accessed: March 18, 2023).
- Tuna, Y., 1989. State intervention in prices of agricultural products and history of intervention price policy in Turkey. *Journal of the Faculty of Economics*, 47: 345-365.
- Tuna, Y., 2011. State intervention in prices of agricultural products and history of intervention price policy in Turkey. *İstanbul University Faculty of Economics Journal*, 47 (1-4). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuifm/issue/837/9250>.
- Uzunöz, M. & Y. Akçay, 2009. Factors affecting the import demand of wheat in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (1): 60-66.
- Valencia-Romero, R., J. C. Trejo-García & H. Ríos-Bolívar, 2023. Wheat import demand in Mexico: evidence of quantile cointegration. *Agriculture*, 13 (5): 980.
- Yaşa, S. & İ. Kutlar, 2019. Investigation of information sources and marketing problems of corn producers in Diyarbakir Province. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32 (2): 167-173. <https://doi.org/10.29136/Mediterranean.564396>.



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):19-33

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1464135>

Ahsen Tuğçe YÜKSEL ^{1*}

Çiğdem COŞKUN HEPCAN ²

¹Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Landscape Architecture, Bornova 35100, İzmir, Türkiye

²Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Bornova 35100, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

ahsentugceyukse@gmail.com

Keywords: Blue infrastructure, GIS, green infrastructure, urban areas, urban ecosystem services

Anahtar sözcükler: Mavi altyapı, CBS, yeşil altyapı, kentsel alanlar, kentsel ekosistem servisleri

Assessing ecosystem services of urban blue-green infrastructure in Karşıyaka, İzmir *

Kentsel mavi-yeşil altyapıda ekosistem servislerinin hesaplanması: Karşıyaka, İzmir

* This paper is produced from MSc thesis.

Received (Alınış): 03.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2024

ABSTRACT

Objective: This study aimed to calculate the regulating ecosystem services such as carbon storage, air pollution, runoff retention, and urban heat island reduction provided by the blue-green infrastructure of Karşıyaka, İzmir (Türkiye).

Material and Method: Regulating ecosystem services provided by urban blue-green infrastructure were calculated with remote sensing techniques and geographic information system. Data preparation and analyzes were performed in ArcGIS 10.8 software.

Results: The findings showed that the carbon storage potential of blue-green infrastructure was 2.45 kg C m⁻² while the particulate matter removal potential was 4.73 g/m². The total rate of runoff in the BGI has been calculated to be 0.008 m³/m². The urban heat island intensity index showed that the hot islands were located in the middle and north, and the cool islands were located in the south of the city.

Conclusion: It has been determined that the blue-green infrastructure in Karşıyaka has predominantly low values in terms of the regulating ecosystem services evaluated. It has been concluded that the blue-green infrastructure needs to be improved to boost ecosystem services and urban resilience.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada İzmir Karşıyaka'daki kentsel mavi-yeşil altyapının sağladığı karbon depolama, hava kalitesi, yüzey akış düzenleme ve kentsel ısı adasının azaltılmasını kapsayan düzenleyici ekosistem servislerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Kentsel mavi-yeşil altyapının sağladığı düzenleyici ekosistem servisleri uzaktan algılama teknikleri ve coğrafi bilgi sistemleriyle hesaplanmıştır. Veri üretimi ve analizler ArcGIS 10.8 yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Mavi-yeşil altyapının karbon depolama kapasitesi 2.45 kg C m⁻², partikül madde tutma kapasitesi 4.73 g/m²'dir. Mavi-yeşil altyapıdaki toplam yüzey akışı tutma oranı 0.008 m³/m² olarak hesaplanmıştır. Kentsel ısı adası yoğunluğu ise sıcak adaların kentin merkezi ve kuzeyinde, serin adaların ise güneyinde yer aldığını göstermektedir.

Sonuç: Karşıyaka'daki mavi-yeşil altyapının değerlendirmeye alınan düzenleyici ekosistem servisleri açısından ağırlıklı olarak düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Kentsel dayanıklılığı artırmak için mavi-yeşil altyapının iyileştirilmesi gerekmektedir.

INTRODUCTION

Urban areas cover a small part of the earth, but they account for a large ratio portion of the global carbon emissions in energy and resource consumption and cause climate change, ecosystem degradation, and biodiversity losses on global scale (Seto et al., 2012). However, people living in cities are directly facing the consequences of global warming, such as extreme weather events, ecosystem, and land losses (IPCC, 2019). IPCC (2021) reports stated that various sustainable strategies, including physical and social infrastructure, are needed to reduce the cities' fragility and increase their resilience. In this context, maintaining and enhancing ecosystem services (ES) therefore urban ecosystems are essential to developing the adaptive capacities of cities and societies (IPCC, 2023).

Urban green areas increase the resilience of cities through the multi-ecosystem services (Caneva et al., 2020). ES are classified as provisioning, regulating, supporting and cultural services according to the benefits they provide. Regulating ES include many ecosystem services, such as regulating air quality and microclimate, soil quality, erosion control, pollination, carbon storage and sequestration, reducing noise pollution, and natural disaster control (Smith et al., 2013; Rupprecht et al., 2015; Ghorbani et al., 2022; Orta-Ortiz & Geneletti, 2022). ES are derived from ecosystem functions, and the benefits they provide represent the actual flow of services (Vihervaara et al., 2017). The processes that lead to providing ES are spatial, and the ecosystem functions and processes responsible for the production of services vary in time, space and scale (Ruskule et al., 2018). Therefore, ES maps are needed to identify and evaluate the provision of ES as a function of ecosystem processes, land use cover, climate and environmental diversity (Maes et al., 2013).

ES mapping is crucial to determine the extent to which ecological processes occur in order to understand how ecosystems contribute to human well-being (Vihervaara et al., 2017; Rendon et al., 2019). Many scientific studies have been conducted to assess and map the ES provided by urban green areas (Derkzen et al., 2015; Xiao & Xiao, 2018; Marando et al., 2019; Hepcan & Coşkun Hepcan, 2021; Ma et al., 2021; Codemo et al., 2022). Recent ES mapping studies highlight the importance the sustainability of ecosystems and they provide a new perspective by providing strong information to improve existing urban planning decisions and practices (Sun et al., 2022; Liu et al., 2023).

ES mapping is an essential tool to support decision-making in policies related to urban sustainability, climate adaptation, and sustainable management of natural sources and to guide investments in green infrastructure and ecosystem restoration (Vihervaara et al., 2017).

Like other cities the effects of climate change are felt intensely in Karşıyaka. In recent years, high temperatures, urban floods, and increasing air pollution have adversely affected the functioning of the city. Therefore, this study aims to:

i) calculate carbon storage, air purification, reduced urban heat island effect, and runoff retention potentials of BGI in Karşıyaka in order to determine the effectiveness of regulating ES provided by these areas that would increase urban resilience.

ii) present a framework for quantitative assessment of regulating ES of urban BGI at the local scale (especially in cities with limited data) to provide data for urban management strategies to increase urban resilience in the short and long term for the decision makers to close the knowledge gap to integration of ES assessments into urban development and urban green area management plans in Türkiye.

MATERIAL and METHOD

Study area

The coastal district of the city of Izmir, Karşıyaka (Türkiye) located on the north side of Izmir Bay (38°34'- 38°26' N and 27°03'-27°11' E) is defined as the study area. It encompasses about 51 km² area with a population of 346,264 inhabitants (Figure 1). The urban area of this Metropolitan district is located

on the lowlands (coastal plain) in the South and expands to hilly areas in the North. In the urban development zone, the urban pattern is composed of a high building density. The city has a Mediterranean climate, and the average minimum and maximum temperature values are 13.6 and 22.7°C. Most of the precipitation is seen in the spring and autumn (October - March) period, while the average total annual rainfall is 713.8 mm (TSMS, 2023).

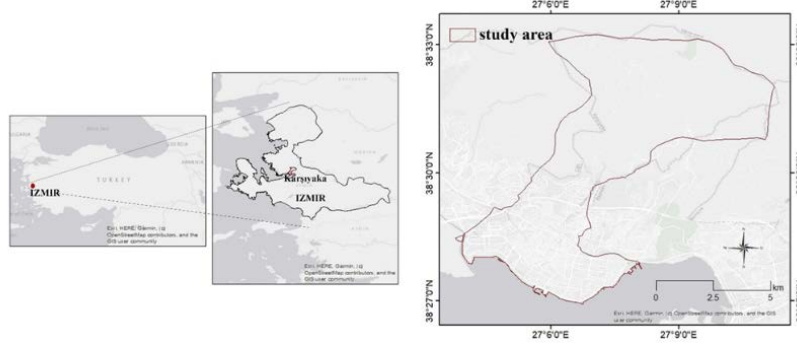


Figure 1. The location of the study area.

Şekil 1. Çalışma alanı.

Method

The methodology of this research has five steps: (1) determining the blue-green infrastructure (BGI), calculating and mapping the (2) carbon storage, (3) PM10 deposition, (4) heat island effect, and (5) runoff retention by the BGI.

In this research USGS Landsat-8 (30 m resolution) satellite images were used for land surface temperature and urban heat island intensity maps. ESA Sentinel-2 (10 m resolution) satellite images were used in Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), carbon storage and PM10 removal maps. The land use/cover map was derived from the high spatial resolution WorldView-2 (0.5 m resolution) satellite image of 2014. ERDAS Imagine 14.01 was used for image processing, and ArcGIS 10.7.1 was used for database creation and geographic information system (GIS) analysis.

Blue-green infrastructure

The BGI map was derived from WorldView-2 (PAN+MS bundle 0.5 m resolution) by screen digitizing using ArcGIS based on CORINE (Coordination of Information on the Environment) land cover nomenclature (Bossard et al., 2000). Elements of BGI in the study area were defined in six classes as natural areas (forest and scrub vegetation), open space with little or no vegetation, gardens (public and private gardens), urban sparks, blue corridors (canal) and green corridors (roadside vegetation, green streets).

Carbon storage capacity

Different methodologies have been used to estimate the amount of carbon stored by plants. Some studies focused on the carbon storage capacity of above below-ground biomass (Tolunay, 2011) while other models developed for the calculation of carbon storage capacities in different plant species (Lee et al., 2016) and communities (Sivrikaya & Bozali, 2012; Durkaya et al., 2019).

Carbon storage capacity of plants in BGI was calculated by using a model (Eq.1), that calculates carbon storage per pixel based on the Normalized Difference Vegetation Index-NDVI (Myeong et al., 2006; Dobbs et al., 2018). The average NDVI values from Sentinel-2 satellite images (10 m resolution) from June, July, August, and September 2019 were obtained using the equation below (Eq.2) (Fung & Siu, 2000).

$$\text{Carbon (tons/pixel)} = 0.10702 * e^{(\text{NDVI} * 0.0194)} \quad (1)$$

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{RED} / \text{NIR} + \text{RED} \quad (2)$$

NIR= Near-Infrared band, RED= RED band.

Urban heat island intensity

The urban heat island intensity index (HFI) defines the intensity of the heat island effect in an area. In this study the HFI calculation was based on the land surface temperature (LST) of June, July and August in 2019 (Eq.3) (Gao et al., 2019; Khorrami & Gündüz, 2019).

$$\text{HFI} = \frac{\text{Ti} - \text{Tmin}}{\text{Tmax} - \text{Tmin}} \quad (3)$$

Ti=Surface temperature, Tmax=Maximum effective surface temperature in area, Tmin=Minimum effective surface temperature in area.

PM₁₀ deposition

Urban trees can improve air quality by keeping airborne particles on leaf surfaces through dry deposition (Nowak et al., 2013; Marando et al., 2016). Dry deposition on leaf surfaces is controlled by stomata and it has a higher rate when the stomata are open (Wang & Zhou, 2000). PM10 deposition capacity of BGI was calculated using the equation below (Marando et al., 2016) (Eq.4).

$$Q = F * L * T \quad (4)$$

$$F = \text{Vd} * C$$

Where Q=Amount of PM10 retained by 1 m² surface land cover (mg/m²), F=deposition flux of pollutant (mg/m²/day), Vd=was set at a median value (cm/sec), C=concentration in the air (mg/m³), L=leaf area index, T=period of time considered.

The dry deposition rate value for PM10 is accepted as 0.064 cm/s from the relevant literature (Nowak, 1994; Lovett, 1994). Climate data was obtained from the Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Meteorology (TSMS, 2019). Pollutant concentration data was obtained from the “Ministry of Environment Urbanization and Climate Change & National Air Quality Monitoring Network Karşıyaka station air pollution data from 2019” (MoEU, 2019).

An important biophysical determinant for estimating the photosynthesis, respiration and transpiration of a vegetation canopy is known as LAI, which is defined as half of the all-sided leaf area per unit ground area (Jin et al., 2015). In this study, LAI was obtained by using the equation (Eq.5) (Saito et al., 2001).

$$\text{LAI} = 0.57 * \exp(2.33 * \text{NDVI}) \quad (5)$$

Runoff retention

Some of the precipitation is retained by the soil and some of it becomes surface flow. Permeable surfaces and vegetation allow rainwater to drain into the lower layers of the soil. Soil sealing reduces rainwater infiltration, disrupts the natural water cycle and increases surface runoff and flood risk.

The surface runoff was calculated using the SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) method (Eq.6) developed by USDA-NRCS (United States Department of Agriculture, A Natural Resources Conservation Service). It helps to estimate surface runoff based on land use/cover data, soil type and precipitation (Strom et al., 2013; Yao et al., 2018).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = 2540/CN - 25,4$$

$$V_r = Q * A/1000 \quad (6)$$

Where Q=surface flow depth (mm), P=rainfall (mm), S=Maximum accumulation potential after the surface flow begins (cm), CN=Curve Number, A=Area (m²), Vr=surface flow volume (m³).

Curve number values were interpreted based on literature related to soil type, slope characteristics, and geomorphology structure (USDA, 1986). Calculations were made for 192 mm rainfall based on a 10 year-24-hour rainfall event in Karşıyaka.

RESULTS

Blue-green infrastructure

BGI covers 65% of Karşıyaka. The urban area shows a continuous pattern in the south of the city. Natural vegetation (forest and shrub), the dominant component of BGI, constitutes 56.41% of the city and 88% of the BGI. A large intact natural vegetation patch is located to the north of the urban development zone and extends in a northeast to southwest direction.

Open spaces with little or no vegetation cover 4.2% of BGI. They are mostly located between building lots and around transportation corridors in the north and west of the city (Figure 2). Private and institutional gardens occupy 3.5% of BGI. Private gardens are mostly apartment and single-family house gardens irregularly distributed within the district. Single family house gardens with dense vegetation are mainly located in the southern part of Karşıyaka. They are the remnants of the traditional urban structure. Apartment gardens in the new development area in west and north are relatively larger. School and public buildings' gardens represent institutional gardens. They show scattered distribution in the city.

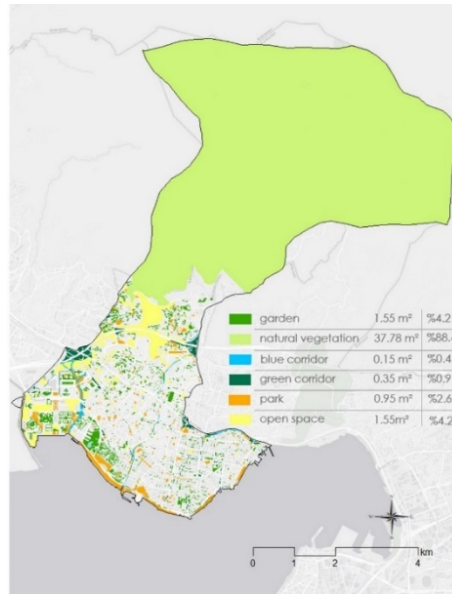


Figure 2. Blue-green infrastructure map.

Şekil 2. Mavi-yeşil altyapı haritası.

Urban parks constituted a small portion of the BGI with 2.6%. They show irregular distribution throughout the city with smaller patches in the north and larger patches in the south. Many of them are small size neighborhood parks located between building blocks. The coastal park that lies along the coastline is the larger park among them (Figure 2).

Blue and green corridors cover only 1.3% of the BGI. Blue corridors are in the form of engineered rivers of which only some segments have linear parks. Only some streets that are perpendicular and parallel to sea have tree cover.

Carbon storage capacity

The total carbon storage rate of GI was estimated to be 2.45 kg C m⁻². Natural areas had the highest carbon storage potential with 2.92 kg C m⁻². Urban parks followed the natural areas with 2.39 kg C m⁻². The carbon storage capacity of green corridors was calculated to be 2.0 kg C m⁻². The carbon storage potential of gardens and open spaces was estimated at 1.73 kg C m⁻² and 1.61 kg C m⁻², respectively (Figure 3; Table 1).

Table 1. Carbon storage, PM₁₀ deposition and Runoff values

Çizelge 1. Karbon depolama, PM₁₀ depolama ve Yüzey akışı değerleri

	Carbon storage kg/m ²	PM deposition g/m ²	Runoff value m ³ /m ²
 Open space	1.61	2.64	0.008
 Garden	1.73	4.18	0.009
 Park	2.39	4.24	0.009
 Green corridors	2.0	3.35	0.009
 Natural vegetation	2.92	5.86	0.008
Total	2.45	4.73	0.009

Potential of PM₁₀ deposition

The PM₁₀ retention potential of the green areas in Karşıyaka was estimated to be 4.73 g/m². Natural vegetation located in the north of the city provided the highest contribution for pollutant uptake with 5.86 g/m² (Figure 3) that is higher than the overall potential of BGI. It was observed that the amount of PM₁₀ that could be retained by the urban parks and gardens were in close range with 4.24 g/m² and 4.18 g/m², respectively. Green corridors followed them with 3.35 g/m². The lowest contribution for the ecosystem services was calculated for open spaces with to be 2.64 g/m² (Figure 3; Table 1).

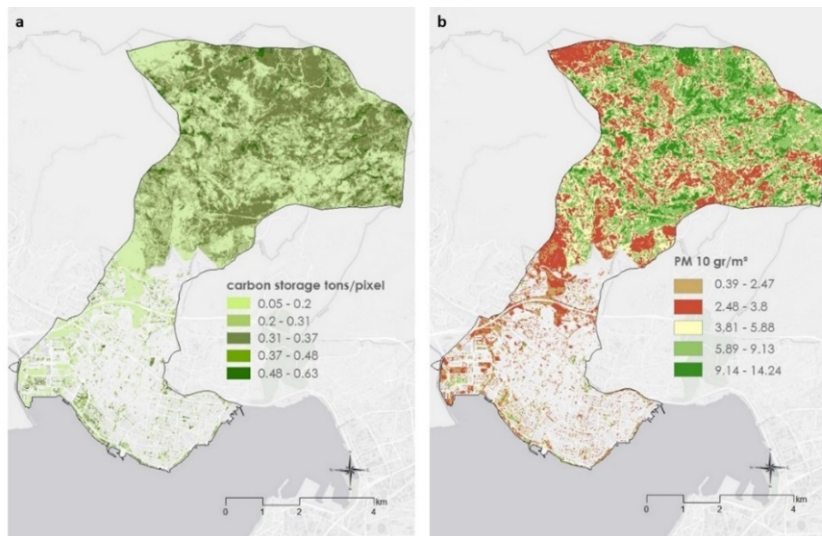


Figure 3. Carbon storage (a) and PM₁₀ (b) maps.

Şekil 3. Karbon depolama (a) ve PM₁₀ (b) haritaları.

Urban heat field intensity

The Karşıyaka heat island intensity map shows that high numbered classes (5, 6 and 7) are weighted. To the south of the city and along the coastline are cool islands with low numbers formed by the classes (1, 2, 3 and 4). In the northern part of the city and in the region with natural vegetation outside the development area, it is observed that there are larger cool islands (Figure 4).

Runoff retention

The amount of surface runoff in the BGI is calculated to be 328328.58 m³, (0.008 m³/m²). The natural areas located north of the urban area have the highest runoff potential in the city with 289700.75 m³ (0.008 m³/m²). The total runoff retention potential of gardens is 11893.66 m³ (0.009 m³/m²). Parks follow behind with 8378.30 m³ (0.009 m³/m²) while the determined runoff retention of the green corridors is about half of this value 3256.55 m³ (0.009 m³/m²) (Table 1). Results indicated that natural areas and open spaces with little or no vegetation showed similar runoff values per unit area are slightly lower than the runoff value of parks, gardens, and green corridors.

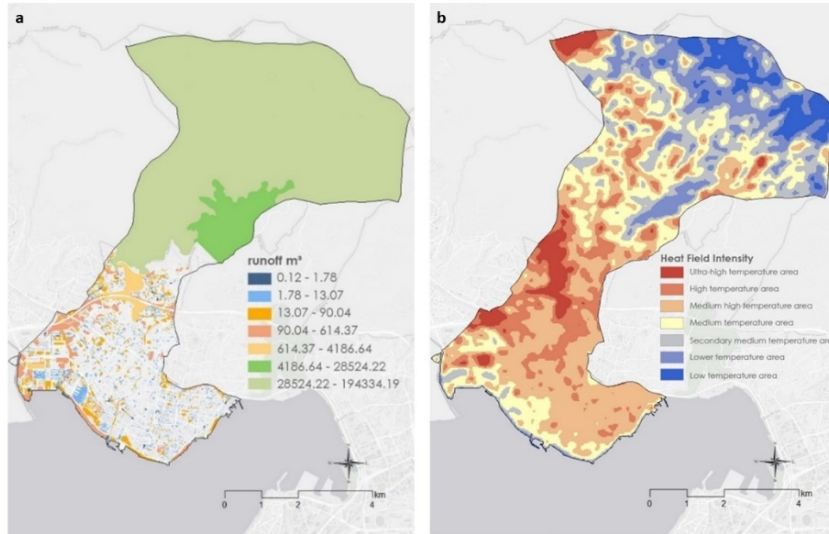


Figure 4. Runoff (a) and HFI (b) maps.

Şekil 4. Yüzey akışı (a) ve HFI (b) haritaları.

DISCUSSION

Blue-green infrastructure

Urban green areas in Karşıyaka show irregular distribution. The BGI is composed of small-sized patches between dense construction. Relatively large urban parks, gardens, and green corridors are clustered in the southern part of the city. As stated in Hepcan & Coşkun Hepcan (2017), it is not possible to mention the well-connected BGI in the city.

Irregular distribution of BGI also results in uneven equitable benefit sharing in the city. This situation leads to ecosystem services being of different grades in different parts of the city. The high-density neighborhoods with limited green areas located in the Northeast are especially faced with this challenge more. New developing neighborhoods in the west and Northwest have the advantage to receive better ecosystem services because of their urbanization pattern. Only the main watercourses are left as the remnants of the blue network as natural drainage pattern almost disappeared during urbanization.

Carbon storage

It is observed that the carbon storage potential of BGI is low in the western part of the city while it is high in the south and southwest of the city where larger patches with healthy vegetation are located (Figure 3). In this study the carbon storage capacity of urban vegetation is calculated based on the NDVI and thus on the photosynthetic capacity of the vegetation. Different plant species have different degrees of carbon storage potential, but species differences were not considered in this study. The predominantly low level of carbon storage of urban green areas in Karşıyaka can be explained by the current state of vegetation depending on NDVI values.

The amount of carbon stored by BGI in Karşıyaka has been calculated to be 24 tons/ha (2.45 kg C m²). This is lower than Efeler/Aydın with 41.63 tons/ha (Ersoy Tonyaloğlu & Kesgin Atak, 2020) but higher than Bogota/Colombia with 699 mg/ha, and Santiago/Chile with 110 mg/ha where the same methodology was used (Dobbs et al., 2018). This could be explained by the dense vegetation of Efeler.

Total carbon storage capacity of urban areas changes based on several factors such as type and age and physical characteristics of tree, length of growth period and environmental factors (Nowak et al., 2013). Carbon storage rate was predicted to be 11 tons/ha for Oakland, 31.4 tons/ha for south Dakota, 43.7 tons/ha for New Jersey, and 45.9 tons/ha for Los Angeles (Nowak et al., 2013).

The intact natural areas located on the north provide the highest contribution for carbon storage with 2.92 kg C m². Urban parks followed the natural areas with 2.39 kg C m². The carbon storage capacity of green corridors was calculated to be 2.03 kg C m². The carbon storage potential of gardens and open spaces was estimated at 1.73 kg C m² and 1.61 kg C m², respectively. Although green corridors occupy less than one percent of the area in the city, they provide a larger contribution to carbon uptake than gardens.

PM₁₀ deposition

Pollution removal capacity of plants varies according to plant diversity, leaf characteristics, length of the in-leaf season, climatic conditions and pollution concentration in the atmosphere (Nowak et al., 2006; Tallis et al., 2011). Considering these effects when comparing urban air quality studies will lead to more accurate inferences.

The amount of PM₁₀ deposition by the BGI in Karşıyaka was calculated to be 4.73 g/m². This is almost three times higher than the PM₁₀ removal capacity of urban green areas in the Balçova district with 1.62 g/m² in İzmir (Berberoğlu et al., 2019). But this is lower than the results of the prior studies that used the same method with 16.7 g/m² for Rome (Manes et al., 2014), with 7.79 g/m² for Florence (Bottalico et al., 2016), and 13.1 g/m² for the middle-income sub-region of Santiago (Escobedo & Nowak, 2009).

The PM₁₀ removal capacity of the urban parks was estimated to be 4.24 g/m². That is also higher than the PM₁₀ removal capacity of park trees in the Balçova districts with 1.19 g/m²/year (Berberoğlu et al., 2019) and the Aşık Veysel Recreation Area with 0.03 g/m², the largest urban park of Bornova (Coşkun Hepcan & Hepcan, 2020). This can be explained by the vegetation characteristics of the parks and the methodology of the studies.

Green corridors provided a lower contribution for PM₁₀ uptake per unit area than urban parks and gardens. This supported the fact that the lack of corridors in the city. Trees tend to take pollution when they are close the pollutant source (Freer-Smith et al., 2005). Vehicle exhausts are one of the main sources of PM₁₀ particles. Therefore, introducing new green corridors by planting trees in the streets would enhance the pollutant removal service in the city.

While the green areas with the highest pollutant removal potential in Karşıyaka are the natural areas covered with forest vegetation in the north of the city, the pollutant deposition values decrease with the decrease in the vegetation towards the city center (Figure 3). It shows a linear relationship between

vegetation, leaf area index and pollutant removal values (Nowak et al., 2006; Litschike & Kuttler, 2008; Manes et al., 2014). The green areas in the study area have low pollutant removal potential related to the leaf area index of the vegetation in these areas. The vegetation cover that consists of trees with large canopies are more effective in removing air pollutants (Yang et al., 2005). In addition, it is argued that they are an important component in improving air quality, as the presence of more tree canopy cover in cities can increase the pollutant holding capacity in different environmental conditions (Pugh et al., 2012; Silli et al., 2015).

Many studies have been conducted to define the effectiveness of tree species for PM₁₀ capture. For instance, many studies have confirmed that coniferous trees are the best candidate for PM₁₀ uptake (Beckett et al., 2000; Letter & Jager, 2020). Manes et al. (2014) determined the high efficiency of broadleaf evergreen trees for PM₁₀ removal in Rome. Conversely in some locations they also found that deciduous species showed a higher inter annual variability with a higher abatement level than evergreen broadleaves. Therefore, in order to enhance air purification functions of urban trees, local (site specific) studies should be conducted to identify the best tree species.

Areas with high PM₁₀ removal within the Karşıyaka urban development boundaries are large gardens with dense vegetation located in the west and south of the city. In the eastern and northeastern parts of the city, there are small parks with high pollutant retention potential. In the western and northern parts of the city, there are large areas with low pollutant retention potential. These areas are also located in areas where there is newer construction than in other parts of the city. Large open spaces on both sides of the main road in the north of the city have a low potential to keep pollutants. Although these open areas are close to pollutant sources due to heavy vehicle traffic, their low pollutant holding potential creates a negative situation for the city and its residents. The assessment of these areas should be considered for the improvement of urban ecosystem services.

Air pollution is among the important factors affecting the quality of life in the city. The air quality monitoring index of Karşıyaka shows that the pollutant concentration reaches moderate to high levels frequently during the year (MoEU, 2019). Therefore, it is important to take precautions in this regard.

Urban heat island

Karşıyaka's land surface temperature and heat island intensity calculations reflected the solar radiation obtained from the land surface of the city. High values indicated that the ratio of building density and impermeable ground is high in the Karşıyaka urban topology.

An urban heat island depends on various factors which in its physical expression are categorized as external (location, climate, proximity to water surfaces) and internal (urban-specific, city size, land cover, anthropogenic heat releases) (Imhoff et al., 2010; Schwarz et al., 2011; Zhou et al., 2017). The land surface temperature and heat island intensity index of this study is based on Landsat-8 satellite data.

In this research there were questions on the mitigating effects of the green areas in Karşıyaka on the urban heat islands. In the study area it compared regions with different spatial compositions. It has been observed that in regions where there are green areas with dense vegetation, the land surface temperature is lower than in regions where there is no green area (Figure 5). Similarly, areas with high land surface temperatures include open areas with poor vegetation (Figure 5b). This supports the negative correlation between surface temperature and vegetation cover as mentioned in previous studies (Huang & Ye, 2015; Zhao et al., 2020; Khan et al., 2021).

The size of green areas, ratio, their location, leaf area index and plant diversity significantly affect the cooling potential of green areas (Xiao et al., 2018). Urban green areas have a significant mitigating effect on the urban thermal environment. It has been observed that while the large green areas in the north of Karşıyaka create a cold island effect, the small green areas in the inner parts of the city are under

the impact of a hot island (Figure 5a, b). It is comprehended that the cooling effects of different types of urban green areas also have different capacities. In figure 5a, there are large green areas on both sides of the ring road, but the cooling effects are also weak because the vegetation cover in these areas is sparse. A similar situation applies to the green areas in the western part of Figure 5b. The surface of the areas in this region is largely made up of soils without vegetation cover.

The cooling effects of tree canopy cover in urban areas have been determined in many research (Wang et al., 2018; Marando et al., 2019). Similarly, Şentürk & Çubukçu (2022) determined that the cooling intensity of the urban cold areas is related to the size of the green area and the cooling capacity of the cold areas in the urban area of İzmir increases as the size of the green area increases. The results of this research are compatible with these studies. Figure 5b shows the high cooling effects of the large urban green areas with dense vegetation.

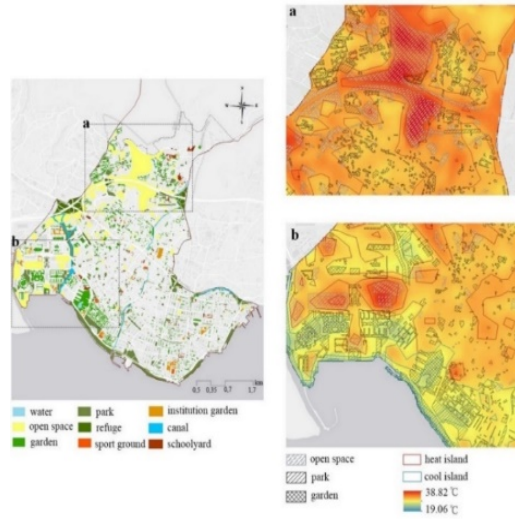


Figure 5. Example of urban heat islands and cold islands in Karşıyaka.

Şekil 5. Karşıyaka kentsel serin ve ısı adaları örneği.

The sea also has a mitigating effect on land surface temperature and urban heat islands in coastal cities (Sasaki et al., 2018; Lin et al., 2020; Morabito et al., 2021). The cold island formations on the coastal zone of the city could be explained by the cooling effects of the sea and sea breezes (Figure 5b).

The results show that the effects of high temperatures are clearly felt in the city. Additionally, increases in the frequency and duration of heat waves have been experienced since the beginning of the 2000s (TSMS, 2023). It is crucial to take action to mitigate the effects of high temperatures.

Runoff retention

The BGI has 328328.58 m³ runoff retention potential. Natural areas at the north of the district have the highest runoff retention potential (289700.75 m³). This area is suitable to build retention and detention basins and terraces to reduce surface runoff and recharge the aquifers. Özeren Alkan & Hepcan (2022) also emphasize the value of natural vegetation for rainwater infiltration in cities. Rainwater infiltration and recharging of aquifers are especially important in Mediterranean cities not only for drought but also for flood protection.

Parks, gardens and green corridors have the same runoff value in unit area with 0.009 m³/m². This is slightly better than the runoff values of parks and gardens in the other districts in İzmir like Balçova with 0.10 m³/m² (Berberoglu et al., 2019). High runoff values of urban parks and gardens can be associated with the large impervious surfaces and less dense vegetation cover.

Land cover type, soil and vegetation characteristics, size and inclination of the components of BGI affect the amount of stormwater runoff and water quality (Zhou et al., 2021; Huang et al., 2022). Urban vegetation, especially urban trees help to reduce surface runoff. The results indicated that parks, gardens, and green corridors could hold 13508.51 m³ of surface runoff.

It is clear that BGI has potential to hold and infiltrate surface runoff. The urban floods in 1995, 2020, 2021 and 2022 prove that both grey and BGI in the district are not sufficient for flood protection in extreme rainfall. Therefore, it is necessary to improve the water retention capacity of BGI by replacing impervious materials with previous ones, and designing rain gardens, sponge parks and swales.

CONCLUSIONS

The intent of this study was to define the regulating ES provided by BGI in Karşıyaka. The results revealed that BGI is unevenly distributed in the city. The heart of the city lacks large green areas with high ecological quality. This spatial distribution of BGI has led to inequity in ES delivery. ES provided by BGI reduce the effects of high temperatures, air pollution and heavy rain but they are not enough to protect the city from these threats. The city is constantly expanding to the natural areas. Coastal wetlands have been transforming to urban areas. Therefore, many ES are currently at risk of disappearing.

BGI increases urban resilience by providing many ES that are strongly related to the ecological quality of these areas. It is critical to increase the amount of BGI to enhance the ES by improving the quality of the green areas of the BGI and the equity of ES in the city. Various strategies and regulations can be developed to reach this goal. Enhancing the ES of BGI and the equity of ES delivery is necessary to enhance the quality of life. The ES quantitative values of BGI obtained in this study provide valuable data for urban planning and management of BGI. Ultimately, it is hoped these changes will create sustainable cities that are resilient to global climate change and environmental problems.

Karşıyaka would be both denser and greener. The city needs strategies and actions to improve the ecological quality of the existing BGI. The outputs of this study provide valuable quantitative spatial data for the city administration. In order to increase urban resilience and reach the SDG11-Sustainable Cities and Communities Goals in the district, BGI needs to be enhanced and action and regulations mentioned above should be taken. That will boost the ecosystem services of BGI and quality of life for the residents.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is produced from MSc thesis. The authors thank Mr. Phil Rousculp for his valuable contribution to this paper.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: ATY, ÇCH; sample collection: ATY, ÇCH; analysis and interpretation of data: ATY, ÇCH; statistical analysis: ATY, ÇCH; visualization: ATY, ÇCH; writing manuscript: ATY, ÇCH. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Statement

We declare that there is no need for an ethics committee for this research.

Financial Support

This study was not financially supported.

Article Description

This article was edited by Section Editor Assoc. Prof. Dr. İpek ALTUĞ TURAN.

REFERENCES

- Beckett, K., P. Freer-Smith & G. Taylor, 2000. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology*, 6 (8): 995-1003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00376.x>
- Berberoğlu, S., A. Çilek & Y. Ünlükaplan, 2019. A Framework for Resilient Cities to Climate Change: Green Revision Guidebook. In: PARDUS (Eds. H. Alphan & Ç. Coşkun Hepcan), Ankara, 168 pp.
- Bossard, M., J. Feranec & J. Othahel, 2000. CORINE land cover technical guide. Addendum, 2000 (40).
- Bottalico, F., G. Chirici, F. Giannetti, A. D. Marco, S. Nocentini, E. Paoletti, F. Salbitano, G. Sanesi, C. Serenelli, D. Travaglini, 2016. Air pollution removal by green infrastructures and urban forests in the city of Florence. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8: 243-251. <https://doi.org/10.1016/J.AASPRO.2016.02.099>
- Caneva, G., E. Cicinelli, A. Scolastri & F. Bartoli, 2020. Guidelines for urban community gardening: proposal of preliminary indicators for several ecosystem services (Rome, Italy). *Urban Forestry & Urban Greening*, 561: 26866. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2020.126866>
- Codemo, A., A. Pianegonda, M. Ciolli, S. Favargiott & R. Albatici, 2022. Mapping pervious surfaces and canopy cover using high-resolution airborne imagery and digital elevation models to support urban planning. *Sustainability*, 14 (10): 2-21. <https://doi.org/10.3390/su14106149>
- Coşkun Hepcan, Ç. & Ş. Hepcan, 2020. Air pollution removal by trees in Asik Veysel recreation area, Izmir, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29 (9): 7379-7385.
- Derkzen, M. L., A. J. A. van Teeffelen & P. H. Verburg, 2015. REVIEW: Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 52 (4): 1020-1032. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12469>
- Dobbs, C., A. Hernández-Moreno, S. Reyes-Paecke & M. D. Miranda, 2018. Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in latin america: the case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, 85: 1068-1080. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.11.062>
- Durkaya, B., T. Varol & A. Durkaya, 2019. 'Calculation of carbon stock change; Çaycuma example, 325 -334.' *International Congress on Agriculture and Forestry Research (8-10 April 2019, Marmaris)*, 530 s.
- Ersoy Tonyaloğlu, E & B. Kesgin Atak, 2020. Mapping and analysis of urban ecosystem services; The case of Efeler district of Aydın province. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9 (1): 71-80. <https://doi.org/10.29278/azd.732799>
- Escobedo, F. J. & D. J. Nowak, 2009. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning*, 90 (3-4): 102-110. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2008.10.021>
- Freer-Smith, P., K. Beckett & G. Taylor, 2005. Deposition velocities to sorbus aria, acer campestre, populus deltoides x trichocarpa 'beaupre', Pinus nigra and x Cupressocyparis leylandii for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution*, 133 (1): 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.031>
- Fung, T. & W. Siu, 2000. Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, 21 (5): 1011-1024. <https://doi.org/10.1080/014311600210407>
- Gao, G., M. Chang & Z. Zhao, 2019. Research on temporal and spatial variation of heat island effect in Xi' An China. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (1): 231-244. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1701_231244
- Ghorbani, S., E. Salehi, S. Faryadi & H. R. Jafari, 2022. Analyzing urban environmental justice based on supply, demand, and access to cooling ecosystem services in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 65 (2): 288-310. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1882964>
- Hepcan, Ş. & Ç. Coşkun Hepcan, 2017. Structural Analysis of Urban Green Areas in Karşıyaka. Project Report. İzmir, 32 pp.
- Hepcan, Ş. & Ç. Coşkun Hepcan, 2021. Assessing ecosystem services of urban green spaces: the case of Eugene Pioneer Cemetery, Eugene, OR (USA). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (4): 513-522. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.900698>

- Huang, B., Y. Yang, R. Li, H. Zheng, X. Wang, X. Wang & Y. Zhang, 2022. Integrating remotely sensed leaf area index with biome-bgc to quantify the impact of land use/land cover change on water retention in Beijing. *Remote Sensing*, 14 (3) :743. <https://doi.org/10.3390/rs14030743>
- Huang, C. & X. Ye, 2015. Spatial modeling of urban vegetation and land surface temperature: a case study of Beijing. *Sustainability*, 7 (7): 9478-9504. <https://doi.org/10.3390/su7079478>
- Imhoff, M. L., P. Zhang, R. E. Wolfe & L. Bounoa, 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114 (3): 504-513. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2009.10.008>
- IPCC, 2019. Climate change and land: an ipcc special report. intergovernmental panel on climate change climate change and land: an ipcc special report on climate change. (Web page: <https://www.ipcc.ch/srccl/>) (Date accessed: 20 March 2023)
- IPCC, 2021. Climate change 2021 the physical science basis summary for policymakers working group i contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. (Web page: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>) (Date accessed: April 2023)
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis report contribution of working groups i, ii and iii to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. (Web page: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>) (Date accessed: February 2024)
- Jin, X., G. Yang, X. Xu, H. Yang, H. Feng, Z. Li, J. Shen, Y. Lan & C. Zhao, 2015. Combined multi-temporal optical and radar parameters for estimating LAI and biomass in winter wheat using HJ and RADARSAR-2 data. *Remote Sensing*, 7 (10): 13251-13272. <https://doi.org/10.3390/rs71013251>
- Khan, S. M., S. Ullah & L. Chen, 2021. Comparison on land-use/land-cover indices in explaining land surface temperature variations in the city of Beijing, China. *Land*, 10 (10). <https://doi.org/10.3390/land10101018>
- Khorrami B. & O. Gündüz, 2019. "Uzaktan algılama ve CBS'nin yüzey sıcaklığı ve kentsel ısı adası tespit ve analizinde uygulanması, 1-22". *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu* (2019, Antalya), 108 s.
- Lee, J., D. Tolunay, E. Makineci, A. Çömez, Y. M. Son, R. Kim & Y. Son, 2016. Estimating the age-dependent changes in carbon stocks of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey. *Annals of Forest Science*, 73: 523-531. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0546-5>
- Letter, C. & G. Jäger, 2020. Simulating the potential of trees to reduce particulate matter pollution in urban areas throughout the year. *Environment Development and Sustainability*, 22: 4311-4321. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00385-6>
- Lin, Y., Z. Wang, C. Y. Jim, J. Li, J. Deng & J. Liu, 2020. Water as an urban heat sink: blue infrastructure alleviates urban heat island effect in mega-city agglomeration. *Journal of Cleaner Production*, 262: 121411. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121411>
- Litschike, T. & W. Kuttler, 2008. On the reduction of urban particle concentration by vegetation-A Review. *Meteorologische Zeitschrift*, 17 (3): 229-240. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2008/0284>
- Liu, Z., S. Wang & C. Fang, 2023. Spatio temporal evolution and influencing mechanism of ecosystem service value in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Journal of Geographical Sciences*, 33 (6): 1226-1244. <https://doi.org/10.1007/s11442-023-2127-5>
- Lovett, G. M., 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in north America: an ecological perspective. *Ecological Application*, 4 (4): 629-650.
- Ma, Q., Y. Li & L. Xu, 2021. Identification of green infrastructure networks based on ecosystem services in a rapidly urbanizing area. *Journal of Cleaner Production*, 300: 126945. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126945>
- Maes, J., A. Teller, M. Erhard & C. Lique, 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An Analytical Framework for Ecosystem Assessments Under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 57 pp.
- Manes, F., V. Silli, E. Salvatori, G. Incerti, G. Galante, L. Fusaro & C. Perrino, 2014. Urban ecosystem services: tree diversity and stability of pm10 removal in the metropolitan area of Rome. *Annali Di Botanica*, 4: 19-26. <https://doi.org/10.4462/annbotrm-11746>
- Marando, F., E. Salvatori, A. Sebastiani, L. Fusaro & F. Manes, 2019. Regulating ecosystem services and green infrastructure: assessment of urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, 392 (November 2018): 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011>

- Marando, F., E. Salvatori, L. Fusaro & F. Manes, 2016. Removal of pm 10 by forests as a nature-based solution for air quality improvement in the metropolitan city of Rome. *Forest*, 7 (7). <https://doi.org/10.3390/f7070150>
- MoEU, 2019. Republic of Türkiye ministry of environment urbanization and climate change national air quality monitoring network. (Web page: <https://sim.csb.gov.tr/SERVICES/airquality>) (Date accessed May 2022).
- Morabito, M., A. Crisci, G. Guerri, A. Meseri, L. Congedo & M. Munafo, 2021. Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: tree cover and impervious surface influences. *Science of The Total Environment*, 751: 142334. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142334>
- Myeong, S., D. J. Nowak & M. J. Duggin, 2006. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 101 (2): 277-282. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.12.001>
- Nowak, D. J., 1994. 'Air pollution removal by Chicago's Urban Forest, 63-81.'In: *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service General Technical Report. (Eds. E. G. McPherson, D. J. Nowak & R. A. Rowntree), Pennsylvania, 94 pp.
- Nowak, D. J., D. E. Crane & J. C. Stevens, 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4 (3-4): 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Nowak, D. J., E. J. Greenfield, R. E. Hoehn & E. Lapoint, 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178: 229-236. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2013.03.019>
- Orta-Ortiz, M. S. & D. Geneletti, 2022. What variables matter when designing nature-based solutions for stormwater management? a review of impacts on ecosystem services. *Environmental Impact Assessment Review*, 95: 106802. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2022.106802>
- Özeren Alkan, M. & Ş. Hepcan, 2022. Water sensitive spatial planning in terms of sustainable stormwater management: the case of Bornova stream catchment (Izmir), Turkey. *Urban Water Journal*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2060840>
- Pugh, T. A. M., A. Mackenzie, J. D. Robert Whyatt & N. Hewitt, 2012. Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental Science & Technology*, 46 (14): 7692-7699. <https://doi.org/10.1021/es300826w>
- Rendon, O. R., A. Garbutt, M. Skov, I. Möller, M. Alexander, R. Ballinger, K. Wyles, G. Smith, E. McKinley, J. Griffin, M. Thomas, K. Davidson, J. F. Pages, S. Read & N. Beaumont, 2019. A framework linking ecosystem services and human well-being: Saltmarsh as a case study. *People and Nature*, 1 (4): 486-496. <https://doi.org/10.1002/pan3.10050>
- Rupprecht, C. D. D., J. A. Byrne, J. G. Garden & J. Hero, 2015. Informal urban green space: a trilingual systematic review of its role for biodiversity and trends in the literature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14 (4): 883-908. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2015.08.009>
- Saito, K., M. Aihara & K. Otowa, 2001. "Estimates of LAI for forest management in Okutama, 1-6". 22nd Asian Conference on Remote Sensing (5-9 November 2001, Singapore), 1544 pp.
- Sasaki, Y., K. Matsuo, M. Yokoyama, M. Sasaki, T. Tanaka & S. Sadohara, 2018. Sea breeze effect mapping for mitigating summer urban warming: for making urban environmental climate map of Yokohama and its surrounding area. *Urban Climate*, 24 (2018): 529-550. <https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2017.07.00>
- Schwarz, N., S. Lautenbach & R. Seppelt, 2011. Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of european cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115 (12): 3175-3186. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2011.07.003>
- Şentürk, Y. & K. M. Çubukçu, 2022. Investigating cooling capacity of urban cool areas, case of Izmir. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1 (1): 106-126.
- Seto, K. C., B. Güneralp & L. R. Hutya, 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (40): 16083-16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Silli, V., E. Salvatori & F. Manes, 2015. Removal of airborne particulate matter by vegetation in an urban park in the city of Rome (Italy): an ecosystem services perspective. *Annali Di Botanica*, 5 (2015): 53-62.
- Sivrikaya, F. & N. Bozali, 2012. Determining carbon stock: A case study from Türkoğlu planning unit. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 69-76.

- Smith, P., M. R. Ashmore, H. J. Black, P. J. Burgess, C. D. Evans, T. A. Quine, A. M. Thomson, K. Hicks & H. G. Orr, 2013. The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. *Journal of Applied Ecology*, 50 (4): 812-829. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12016>
- Strom, S., K. Nathan & J. Woland, 2013. *Site engineering for landscape architects* (Sixth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 348 pp.
- Sun, X., J. Wu, H. Tang & P. Yang, 2022. An urban hierarchy-based approach integrating ecosystem services into multiscale sustainable land use planning: The case of China. *Resources Conservation and Recycling*, 178: 106097. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.106097>
- Tallis, M., G. Taylor, D. Sinnett & P. Freer-Smith, 2011. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of london, under current and future environments. *Landscape and Urban Planning*, 103 (2): 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.003>
- Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (3): 265-279. <https://doi.org/10.3906/tar-0909-369>
- TSMS, 2019. Turkish State Meteorological Service. (Web page: <https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx?m=IZMIR>) (Date accessed March 2022).
- TSMS, 2023. Turkish State Meteorological Service Rainfall Data. (Web page: <https://www.mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx?m=IZMIR>) (Date accessed: February 2023).
- USDA, 1986. *Urban hydrology for small*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation, Technical Release 55 (TR-55), 164 pp.
- Vihervaara, P., J. Maes, L. Mononen, F. Santos, M. Adamescu, C. Cazacu, S. Luque, D. Geneletti & J. Maes, 2017. "Ecosystem Services Quantification, 75-83". In: *Mapping Ecosystem Services* (Eds. B. Burkhard & M. Joachim). Pensoft, 373 pp.
- Wang, Y. & G. Zhou, 2000. Analysis on quantitative simulation of stomatal conductance of *aneurolepidium Chinense*. *Acta Phytocologica Sinica*, 24 (6): 739-743.
- Wang, Y. C., J. K. Shen & W. N. Xiang, 2018. Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4 (5): 132-143. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1474721>
- Xiao, X. D., L. Dong, H. Yan, N. Yang & Y. Xiong, 2018. The influence of the spatial characteristics of urban green space on the urban heat island effect in Suzhou Industrial Park. *Sustainable Cities and Society*, 40: 428-439. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2018.04.002>
- Xiao, Y. & Q. Xiao, 2018. Identifying key areas of ecosystem services potential to improve ecological management in Chongqing City, southwest China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (258): 2-15. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11587>
- Yang, J., J. McBride, J. Zhou & Z. Sun., 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, 3 (2): 65-78. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2004.09.001>
- Yao, L., W. Wei, Y. Yu, X. Jun & C. Liding, 2018. Rainfall-runoff risk characteristics of urban function zones in Beijing using the SCS-CN model. *Journal of Geographical Sciences*, 28 (5): 656-668. <https://doi.org/10.1007/s11442-018-1497-6>
- Zhao, H., J. Tan, Z. Ren & Z. Wang, 2020. Spatiotemporal characteristics of urban surface temperature and its relationship with landscape metrics and vegetation cover in rapid urbanization region. *Hindawi Complexity*, 2020 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/7892362>
- Zhou, B., D. Rybski & J. P. Kropp, 2017. The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific Reports*, 7 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04242-2>
- Zhou, L., G. Shen, C. Li, T. Chen, S. Li & R. Brown, 2021. Impacts of land covers on stormwater runoff and urban development: a land use and parcel-based regression approach. *Land Use Policy*, 103: 105280. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2021.105280>

Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):35-47

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1514888>

Dilek YÜCEL ENGİNDENİZ ^{1*} 

Murat YERCAN ² 

¹ Dokuz Eylül University, İzmir Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Agricultural Management Program, 35380 İzmir-Türkiye

² Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 35100 İzmir-Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar)

dilek.engindeniz@deu.edu.tr

Keywords: Agricultural organization, cooperative, fuzzy paired comparison, producer tendency

Anahtar sözcükler: Tarımsal örgütlenme, kooperatif, bulanık eşli karşılaştırma, üretici eğilimi

A research on factors affecting fresh fruit and vegetable producers' tendency to participate in cooperatives

Yaş meyve ve sebze üreticilerinin kooperatiflere ortak olma eğilimini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma

Received (Alınış): 11.07.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2024

ABSTRACT

Objective: The main purpose of the study is to analyze the perspective of fresh fruit and vegetable producers in İzmir province towards cooperatives and their tendency to become partners.

Material and methods: Study data were obtained by proportional sampling and face-to-face survey method from 155 producers in İzmir province. Best-Worst and Fuzzy Paired Comparison methods were used to analyze the data.

Results: The average age of producers is 49.12 years, and the average education period is 7.86 years. The most important activities that producers expect from cooperatives are product collection, obtaining high sales prices and providing inputs at low prices. 76.77% of the producers stated that they could become partners in a fresh fruit and vegetable cooperative if it was established.

Conclusion: A cooperative established by producers in the region acting together will be effective, especially in marketing.

ÖZ

Amaç: Araştırmanın temel amacı İzmir ilindeki yaş meyve sebze üreticilerinin kooperatiflere bakış açısını ve ortak olma eğilimlerini analiz etmektir.

Materyal ve Yöntem: Araştırma verileri, oransal örnekleme ile İzmir'deki 155 üreticiden yüz yüze anket yöntemiyle elde edilmiştir. Verilerin analizinde Best-Worst ve Bulanık Eşli Karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Üreticilerin ortalama yaşı 49.12, ortalama eğitim süresi 7.86 yıldır. Üreticilerin kooperatiflerden beklediği en önemli faaliyetler ürün toplama ve yüksek satış fiyatı elde etmek ile düşük fiyatla girdi temin etmektir. Üreticilerin %76.77'si kurulması durumunda yaş meyve ve sebze kooperatifine ortak olabileceğini belirtmiştir.

Sonuç: Bölgedeki üreticilerin birlikte hareket ederek kuracakları bir kooperatif özellikle pazarlama konusunda etkinlik sağlayabilecektir.

INTRODUCTION

It is difficult for producers to compete in terms of prices due to the dispersed settlement in rural areas, the length of the road from producer to consumer, inadequate storage conditions and the lack of adequate organization of producers. Due to the insufficient producer organization in the production and marketing of fresh fruits and vegetables, the marketing channel becomes longer, and the producer's share of the price paid by the consumer decreases. Producers in Türkiye need to be organized to produce high quality products in accordance with standards and get rewarded for their efforts (Aydoğan & Yulaıcı, 2013).

Although there are many cooperatives established and operating for different purposes in Türkiye, they cannot be said to be very effective in fruit and vegetable production and marketing (Kızılaslan & Yalçın, 2012). Farms producing fruit and vegetables in Türkiye mostly have small and fragmented lands. This makes it difficult for them to benefit from economies of scale. However, it is seen that sustainable policies have not been created for the fresh fruit and vegetable sector in Türkiye, using different tools and for different purposes. Direct supports are not implemented for fresh fruits and vegetables, and intervention regulations to prevent price instability are also inadequate (Atış & Artukoğlu, 2005).

There is a need for applicable policies that will enable fruit and vegetable producers in Türkiye to come together under organizations where they can come together and become stronger. There are currently 29 Fresh Fruit and Vegetable Cooperatives in Türkiye, and these cooperatives have a total of 2,953 partners (MAF, 2023). In addition, there are four Fresh Fruit and Vegetable Exporters Associations in Türkiye. However, it seems that existing cooperatives and unions cannot take a sufficiently active role in production and marketing (Vural, 2018). Therefore, there is a need to conduct research on the organizational tendencies and expectations of fresh fruit and vegetable producers in different regions.

Many studies have been conducted in different countries of the world analyzing producers' perspectives on cooperatives and their tendencies to become partners (Ogunleye et al., 2015; Qi et al., 2016; Ahmed & Mesfin, 2017; Gashaw & Kibret, 2018; Balgah, 2019; Chen & Sun, 2019; Antonova et al., 2021; Fongsamouth et al., 2024). In some studies, the benefits and satisfaction levels obtained by fruit and vegetable producers from cooperatives were examined (Camanzi et al., 2011; Arcas-Lario et al., 2014; Entehabu & Rao, 2014; Palsule-Desai, 2015; Mustapha & Manu, 2022; Ergashev, 2023, 2024).

Many studies have been conducted in Türkiye analyzing producers' perspectives and tendencies towards cooperatives (Karlı et al., 2006; Artukoğlu & Olgun, 2008; Akın & Özdemir, 2010; Cebeci & Yener, 2013; Ertek et al., 2016; Kınıklı et al., 2017; Kaya et al., 2019; Değer et al., 2020; Sevinç, 2021; Özcan, 2022; Çukur & Çukur, 2022; Gümüş, 2022; Kılıç Topuz et al., 2022). However, the organizational tendencies of fresh fruit and vegetable producers in Türkiye need to be specifically investigated. Because fresh fruits and vegetables are perishable products. There is no direct government support for these products. In addition, due to the presence of many intermediaries in the marketing structure of these products, producer incomes may be negatively affected.

According to 2022 data, İzmir province constitutes 3.9% (28,150 ha) of Türkiye's total vegetable production area (717,680 ha) and ranks 8th among the provinces. It constitutes 4.2% (153,411 ha) of fruit production areas (3.67 million ha) and ranks 7th (TURKSTAT, 2023). The main purpose of this study is to examine the organizational perspectives of fresh fruit and vegetable producers in İzmir province, Türkiye, and to analyze the factors affecting their tendency to participate in cooperatives.

MATERIALS and METHODS

Materials

The data used in the study was obtained by face-to-face survey method from producers producing fresh fruits and vegetables in Bayındır, Bergama, Kemalpaşa, Ödemiş, Tire and Torbalı districts of İzmir province. In addition, data published by relevant institutions and the results of previous research were also used.

Methods

According to the data of the İzmir Provincial Directorate of the Ministry of Agriculture and Forestry, approximately 65% of the total vegetable production area and approximately 53% of the total fruit production area in İzmir province are in Bayındır, Bergama, Kemalpaşa, Ödemiş, Tire and Torbalı districts. For this reason, these six districts were included in the scope of the research.

Three neighborhoods with high fruit and vegetable production from each district were selected for the scope of the research. Tulum, Atalan and Yeniköy neighborhoods from Torbalı district; Kızılcaavlu, Yolüstü and Demircili neighborhoods from Ödemiş district; Yeniçiftlik, Eskioba and Akkoyunlu neighborhoods from Tire district; Göçbeyli, Bölcek and Pınarköy neighborhoods from Bergama district; Tokatbaşı, Karaveliler and Balçılar neighborhoods from Bayındır district; Bağyurdu, Ören and Yiğitler neighborhoods from Kemalpaşa district were included in the scope of the research.

According to the data received from the District Directorates of the Ministry of Agriculture and Forestry, there are a total of 2,188 producers registered in the Farmer Registration System in these neighborhoods. It was decided to include a portion of the total number of producers within the scope of the research through proportional sampling, and the following formula was used for this purpose (Newbold, 1995).

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

In the formula;

n = Sample size

N = Total number of producers

p = Proportion of fruit and vegetable producers (0.5 was taken for maximum sample size)

σ^2_{px} = Variance of proportion

A 99% confidence interval and a 10% margin of error were used in calculating the sample size. In this way, the sample size was calculated as 155. The number of producers to be interviewed was determined based on the share of each neighborhood in the total number of producers. The random numbers table was used to determine the producers to be included in the neighborhoods. The study was based on the 2021 production period. Study surveys were conducted in January-March 2022.

In the data analysis, producers were divided into three groups primarily according to their land size. The first group consists of producers with a land size of 50 decares and smaller (58 producers), the second group consists of producers with a land size of 51-100 decares (42 producers), and the third group consists of producers with a land size of 101 decares and larger (55 producers).

In the study, first, the socio-economic characteristics of the producers were examined. Then, the producers' knowledge level, opinions, tendencies, important factors and expectations regarding cooperative were analyzed. At this stage, a Likert scale was used. According to the Likert scale, the expressions in the attitude scale were evaluated on a 5-point scale (Bilgin, 1995). Microsoft Excel program was used in the statistical analysis of the study.

Best-Worst Analysis

In the study, the most important and least important activities that producers expect from cooperatives were determined. Producers were asked to comment on 16 activities. At this stage, Best-Worst Analysis was performed. The method is based on the logic of comparing each criterion according to the best (most important) and worst (least important) criteria, rather than comparing each criterion with others one by one. The application stages of the method are as follows (Rezaei, 2015, 2016).

Step 1: The decision matrix is created.

Step 2: The most important and least important criteria are determined.

Step 3: An evaluation between 1 and 9 is made by comparing each criterion with the most important criterion.

Step 4: Similar to the previous step, the least important criterion is determined and compared with other criteria.

Step 5: Optimal weights are calculated.

Fuzzy Paired Comparison

In the study, the criteria that producers attach importance to in becoming a partner in the cooperative were analyzed by the Fuzzy Paired Comparison method. Producers were presented with five criteria to determine their decision preferences. These criteria; the cooperative's economic objectives, social objectives, management structure, number of partners and year of founding. The steps of the method can be summarized as follows (Ross, 1995; Tanaka, 1997; Pedrycz & Gomide, 1998).

First, pairwise comparisons are presented to indicate individual preferences. For example, the degree of preference of objectives K and H, G_{KH} , is measured according to the distance between them. The total distance is equal to the following.

If $G_{KH}=0.5$ then $K \approx H$; If $G_{KH}>0.5$ then $K>H$; If $G_{KH}<0.5$ then $K<H$

The number of pairwise comparisons of the objectives (C) is determined as $C = [(Z \cdot (Z-1))/2]$. In the formula, Z represents the number of preferred objectives.

In the study, 10 comparisons were presented to each producer according to five different criteria. Effective factors are listed from largest to smallest according to their weight (Günden & Miran, 2007). Gcr preference was obtained in each pairwise comparison. The measurement of the degree of preference of r over c can be expressed as $gcr=1-grc$. Then, a fuzzy preference matrix was created. The following expression was used for this.

$$G_{cr} = \begin{cases} 0 & \text{if } c = r \quad \forall c, r = 1, \dots, n \\ g_{cr} & \text{if } c \neq r \quad \forall c, r = 1, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

In the study, a 5x5 fuzzy preference matrix was created as follows (G):

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & g_{15} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & g_{25} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & g_{35} \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & g_{45} \\ g_{51} & g_{52} & g_{53} & g_{54} & g_{55} \end{bmatrix} \quad (3)$$

The preferred intensity (μ_j) of each objective separately was obtained using the following equation. The μ_j value varies between 0 and 1.

$$\mu_j = 1 - (\sum_{c=1}^n G_{cr}^2 / (n-1))^{1/2} \quad (4)$$

Whether the purpose of comparison is equally important was determined by the Friedman Test. Additionally, Kendall's coefficient of fit was used for the lines.

RESULTS and DISCUSSION

The socio-economic characteristics of the producers are presented in Table 1. The ages of the producers range from 24 to 72, with the average being 49.12. Education periods vary between 5-15 years, with an average of 7.86 years. The agricultural activity experience of the producers varies between 6-42 years. The average experience period was determined as 22.15 years.

Table 1. Sosyo-economic characteristics of producers

Çizelge 1. Üreticilerin sosyo-ekonomik özellikleri

Characteristics	Farm groups			
	Group 1 (≤50 da)	Group 2 (51-100 da)	Group 3 (≥101 da)	General
Age of producer	49.28	48.55	49.38	49.12
Education period of producer (year)	7.71	7.64	8.18	7.86
Agricultural experience of producer (year)	22.26	22.14	22.05	22.15
Household size	3.92	3.77	3.65	3.78
Land size (da)	30.95	82.98	224.64	113.77
Average parcel size (da)	11.68	19.90	32.42	24.84
Owned land rate (%)	77.45	56.66	61.85	62.41
Equity rate (%)	77.10	69.00	69.66	70.50

The total population in the farms examined is 586 people and the average household size is calculated as 3.78 people. Women constitute 51.06% of the total population in farms. The rate of the population aged 15-49 in the total population is 42.59%.

The land size in farms varies between 9-520 decares. The average land size is 113.77 decares. The average number of parcels was found to be 4.58, and the average parcel size was 24.84 decares. 62.41% of the total land of the farms consists of owned lands, 25.97% consists of rented lands, and 11.61% consists of jointly operated lands.

Land assets constitute 91.94% of the total active capital in farms. When the distribution of active capital according to items is examined; it is seen that soil assets have a significant share (68.13%), followed by building assets (20.11%) and tools-machinery assets (4.88%). However, it was determined that 70.50% of the liabilities consisted of equity capital.

In the study, producers were asked to what extent they agreed with some of the statements given to reveal their awareness and knowledge level about cooperatives. When the answers are examined, it is seen that the producers know the concept of cooperatives, cooperative principles and that cooperatives have an article of association (Table 2).

Table 2. Producers' awareness and knowledge levels about cooperatives*

Çizelge 2. Üreticilerin kooperatifler konusundaki farkındalığı ve bilgi düzeyi*

Awareness and knowledge level	Farm groups				
	Group 1 (≤50 da)	Group 2 (51-100 da)	Group 3 (≥101 da)	General	
				Mean	Std. dev.
I know what the concept of cooperative is.	4.60	4.55	4.62	4.59	0.89
I know the principles of cooperatives.	4.38	4.43	4.44	4.42	1.18
I know that cooperatives have articles of association.	4.40	4.38	4.45	4.41	1.26
I know that capital participation is required in cooperative partnership.	4.17	4.24	4.40	4.27	1.17
I am aware of cooperative activities in the region.	3.97	3.90	4.11	4.00	1.21
I know that if the cooperative earns high profits from its commercial activities, it can distribute annual dividends to its partners.	3.21	3.29	3.25	3.25	1.33
I know that cooperative partners are required by law to obtain a sales guarantee letter from the institution to which they will sell their products.	2.78	2.88	3.05	2.90	1.12

*1: Strongly disagree, 2: Disagree, 3: Undecided, 4: Agree, 5: Strongly agree.

In a study conducted in Çanakkale province, it was determined that 61.3% of cooperative partners wanted to learn cooperatives better and receive training on cooperatives (Everest et al., 2019).

All producers are members of the Chamber of Agriculture in the districts where they are located. In addition, it was determined that 63.87% of the producers were partners in agricultural cooperatives, 27.10% were members of breeder unions, and 29.03% were members of producer unions. 50.32% of the producers are partners in Agricultural Development Cooperatives, and 27.74% are partners in Agricultural Credit Cooperatives (Table 3).

Table 3. Agricultural organizations of which producers are members

Çizelge 3. Üreticilerin üye olduğu tarımsal örgütler

Organizations		Farm groups							
		Group 1 (≤50 da)		Group 2 (51-100 da)		Group 3 (≥101 da)		General	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Chamber of Agriculture		58	100.00	42	100.00	55	100.00	155	100.00
Agricultural Cooperatives		38	65.52	26	61.90	35	63.64	99	63.87
Breeder Unions	Breeding Cattle Breeders Unions	11	18.97	10	23.81	12	21.82	33	21.29
	Bee Breeders Unions	2	3.45	3	7.14	4	7.27	9	5.81
Producer Unions	Milk Producers Unions	10	17.24	9	21.43	11	20.00	30	19.35
	Fruit Seedling Producers Unions	3	5.17	4	9.52	3	5.45	10	6.45
	Vegetable Seedling Producer Unions	2	3.45	1	2.38	2	3.64	5	3.23

The partnership period of producers in cooperatives varies between 3-18 years, with the average period being 12.65 years. In a another conducted in İzmir province, Türkiye, the average partnership period of producers in a cooperative was calculated as 17.23 years (Albayram Doğan, 2019).

When producers are asked which socio-economic factors are effective in their becoming partners in the cooperative, the most important factors are; it has been determined that the main reasons are to benefit from low input prices, benefit from government supports and making it easier to obtain input (Table 4).

Table 4. Socio-economic factors affecting producers' participation in cooperatives*

Çizelge 4. Üreticilerin kooperatiflere ortak olmasını etkileyen sosyo-ekonomik faktörler*

Factors	Farm groups				
	Group 1 (≤50 da)	Group 2 (51-100 da)	Group 3 (≥101 da)	General	
				Mean	Std.dev.
Benefit from low input prices	4.62	4.67	4.65	4.65	0.92
Benefit from government supports	4.60	4.62	4.67	4.63	1.16
Making it easier to obtain input	4.60	4.62	4.67	4.63	1.01
Take advantage of marketing opportunities	4.41	4.48	4.56	4.48	1.11
Gaining price advantage in product sales	4.41	4.45	4.56	4.48	1.02
Reduce production costs and increase return	4.38	4.43	4.38	4.39	0.98
Reducing risk in production and marketing	4.38	4.43	4.38	4.39	1.09
Creating economic unity	4.00	4.05	4.18	4.08	1.12
Benefit from technical information support	3.78	3.81	3.91	3.83	1.20
Taking advantage of price advantages in consumer goods	3.55	3.74	3.65	3.64	1.09
Benefit from educational activities	3.22	3.24	3.42	3.30	1.35
Ensuring efficiency in capital use	3.17	3.24	3.42	3.28	1.15
Ensuring the sustainability of agricultural production	3.02	3.12	3.36	3.17	1.21
Leveraging the reputation of the cooperative partnership	2.98	3.02	3.35	3.12	1.08

*1: Strongly disagree, 2: Disagree, 3: Undecided, 4: Agree, 5: Strongly agree.

In a study conducted in seven different provinces of Türkiye, the most important factors affecting producers' participation in cooperatives were determined as creating economic power by acting together and benefiting from the product sales guarantee (Şahin et al., 2013).

According to the results of the Best-Worst analysis, the most important activities that producers expect from cooperatives are providing high product prices, supplying quality and affordable fertilizers and pesticides, product collection and sales, and ensuring benefit from supports. In addition, producers are of the opinion that cooperative activities such as providing agricultural publications, keeping production records and organizing social and cultural events are not important for them (Table 5).

Table 5. Results of Best-Worst analysis

Çizelge 5. Best-Worst analizi sonuçları

Cooperative activities	Best frequency (B)	Worst frequency (W)	Mean (B-W)
1. Procurement of credit	16	0	0.10
2. Supply of quality and affordable seeds and seedlings	0	0	0.00
3. Supply of quality and affordable fertilizers and pesticides	24	0	0.15
4. Product collection and sales	24	0	0.15
5. Providing high product prices	44	0	0.28
6. Product processing	11	4	0.05
7. Providing technical training	6	0	0.04
8. Providing consultancy services	1	0	0.01
9. Keeping production records	2	36	-0.22
10. Ensuring that you benefit from supports	22	0	0.14
11. Providing agricultural publications	0	57	-0.37
12. Creating public pressure	0	17	-0.11
13. Organizing social and cultural events	0	21	-0.14
14. Water resources development and irrigation services	3	19	-0.10
15. Providing storage facilities	1	0	0.01
16. Providing employment opportunities	1	1	0.00

In a study conducted on tomato producers in Muğla province, it was determined that the most important activities expected from cooperatives were supplying quality and affordable input, ensuring benefit from supports and providing credit (Değer et al., 2020). In a study conducted in Manisa province, the most important activity expected from cooperatives was determined to be product collection and sales (Özcan, 2022).

When the producers were asked whether they would like to work in the cooperative if a fresh fruit and vegetable cooperative was established in the region, 78.71% of producers stated that they would. 48.36% of the producers who want to work in the cooperative stated that they could work in the establishment phase, 24.59% in management, 13.93% in marketing and service activities, 9.02% in social activities, and the remaining 4.10% in other activities. When the producers were asked whether they could become partners if a fresh fruit and vegetable cooperative was established in the region, 76.77% stated that they could become partners (Table 6).

Table 6. Willingness of producers to work and become partners in a fresh fruit and vegetable cooperative

Çizelge 6. Üreticilerin yaş meyve ve sebze kooperatifinde çalışma ve ortak olma istekliliği

Willingness to work and partner		Farm groups							
		Group 1 (≤50 da)		Group 2 (51-100 da)		Group 3 (≥101 da)		General	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Willingness to work in cooperative	Yes	44	75.86	33	78.57	45	81.82	122	78.71
	No	14	24.14	9	21.43	10	18.18	33	21.29
Willingness to become a partner in cooperative	Yes	43	78.18	32	76.19	44	80.00	119	76.77
	No	12	21.82	10	23.81	11	20.00	36	23.23

In a study on dairy cooperatives, 35.5% of the partners stated that they wanted to take part in management (Yercan & Kınıklı, 2018). In a study conducted on the partners of the Agricultural Credit Cooperative, it was determined that 20.62% of the partners wanted to take part in management (Everest, 2015). In a study conducted with Gülbirlik partners, it was determined that 20.88% of the partners wanted to take part in cooperative management (Ertan & Turan, 2001).

In a study conducted on tomato producers in Muğla province, 88% of the producers stated that they could become partners in such a cooperative if it was established in the region (Değer et al., 2020). In a study conducted in Manisa province, it was determined that 90.70% of the producers engaged in vegetable production were willing to become partners in an agricultural cooperative to be established in the region (Özcan, 2022). In a study conducted in Niğde province, it was determined that 74.11% of apple producers could become partners in a cooperative to be established in the region (Gümüş, 2022).

In the study, when producers who wanted to become partners in the fresh fruit and vegetable cooperative were asked about their reasons, it was determined that the most important reasons were marketing problems could be reduced by establishing a cooperative, input prices could be reduced by establishing a cooperative, and local products could be branded by establishing a cooperative (Table 7).

Table 7. Reasons for producers to become partners in the fresh fruit and vegetable cooperative*

Çizelge 7. Üreticilerin yaş meyve ve sebze kooperatifine ortak olmak için nedenleri*

Reasons	Farm groups				
	Group 1 (≤50 da)	Group 2 (51-100 da)	Group 3 (≥101 da)	General	
				Mean	Std.dev.
Marketing problems can be reduced by establishing a cooperative	4.71	4.79	4.80	4.76	0.93
Input prices may decrease by establishing a cooperative	4.83	4.69	4.64	4.72	1.13
Local products can be branded by establishing a cooperative	4.57	4.62	4.73	4.64	1.08
My product can be sold at the most affordable price by establishing a cooperative	4.53	4.67	4.53	4.57	1.50
Processing industrial facilities may increase in the region by establishing a cooperative	4.55	4.60	4.58	4.57	1.19
My income can increase by establishing a cooperative	4.40	4.43	4.51	4.45	1.21
Exports from the region can be realized by producers by establishing a cooperative	4.16	4.38	4.27	4.26	1.41
The amount of agricultural production in the region can be increased by establishing a cooperative.	4.21	4.07	4.00	4.10	1.25
Production costs can be reduced by establishing a cooperative	3.91	4.00	4.09	4.00	1.08
Consultancy services may increase with the establishment of a cooperative	3.79	3.95	3.73	3.81	1.06
My product quality can increase by establishing a cooperative	3.86	3.71	3.69	3.76	1.14
Agricultural product exports can increase by establishing a cooperative	3.41	3.50	3.44	3.45	1.05
Base price application can be implemented by establishing a cooperative	3.22	3.33	3.31	3.28	1.48

*1: Strongly disagree, 2: Disagree, 3: Undecided, 4: Agree, 5: Strongly agree.

In a study conducted on tomato producers in Muğla province, the most important reasons for wanting to become a partner in the cooperative where the marketing problem disappears and tomato production increases (Değer et al., 2020).

In the study, when producers who did not want to become partners in the fresh fruit and vegetable cooperative were asked about their reasons, it was determined that the most important reasons were the ability to make more profit when marketing the products themselves, the lack of need for the opportunities provided by the cooperative, and the thought that the cooperative cannot offer reasonable prices for product purchases (Table 8).

Table 8. Reasons why producers do not want to be partners in the fresh fruit and vegetable cooperative***Çizelge 8.** Üreticilerin yaş meyve ve sebze kooperatifine ortak olmamak için nedenleri*

Reasons	Farm groups				
	Group 1 (≤50 da)	Group 2 (51-100 da)	Group 3 (≥101 da)	General Mean	Std.dev.
I can make more profit when I market my products myself	4.69	4.52	4.67	4.64	0.92
I do not need the opportunities provided by the cooperative.	4.48	4.45	4.56	4.50	0.89
I think the cooperative cannot give reasonable prices for product purchases.	4.48	4.43	4.55	4.49	1.30
I do not need a cooperative while carrying out my production activities.	4.47	4.29	4.40	4.39	1.26
I think cooperative rules are not suitable for everyone	4.16	4.31	4.35	4.26	1.54
I think the cooperative cannot be effective in supplying input	4.07	4.12	4.22	4.14	1.04
I think that cooperative managers do not act in accordance with the interests of the cooperative.	4.12	4.07	4.15	4.12	1.21
I think the cooperative cannot properly evaluate the products of the partners	4.00	4.10	4.02	4.03	1.10
I think some cooperative partners act for different purposes	3.90	3.95	4.05	3.97	1.13
I think the cooperative partners do not support the cooperative enough	3.72	3.81	3.87	3.80	1.05
I think the cooperative cannot give advances during the production period and may make late payments	3.60	3.69	3.78	3.69	0.99
I think the cooperative will not be sufficient in technical matters	3.28	3.31	3.38	3.32	1.03

*1: Strongly disagree, 2: Disagree, 3: Undecided, 4: Agree, 5: Strongly agree.

In a study conducted on tomato producers in Muğla province, the most important reasons for not wanting to become a partner in the cooperative were that there was no need, the rules did not suit everyone, and the partners had different goals (Değer et al., 2020).

In the study, the criteria that producers attach importance to in their decision to become a partner in the cooperative were analyzed using the fuzzy paired comparison method. For this purpose, five criteria were determined for producers to determine their decision preferences. These criteria; the cooperative's economic objectives (best price, highest return, capital accumulation etc.), social objectives (education, employment, etc.), management structure, number of partners and year of founding. In the research, 10 comparisons of five different criteria were presented to each producer. Results were evaluated using the Friedman Test and Kendall's coefficient of concordance.

According to the analysis results, it has been determined that the most effective factor in producers' decisions to become partners in cooperatives is the economic objectives of the cooperative. Other factors are respectively, management structure, social objectives, number of partners and year of founding. The Friedman test shows that there is a statistical difference between preferences. In this study, Kendall's W value was determined as 0.49. Accordingly, when determining the weights of important criteria, the harmony between producers is at a medium level (Table 9).

Table 9. Results of fuzzy paired comparison analysis**Çizelge 9.** Bulanık eşli karşılaştırma analizi sonuçları

Criteria	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Order of importance
Economic objectives	0.43	0.91	0.75	0.16	1
Management structure	0.34	0.63	0.51	0.09	2
Social objectives	0.24	0.91	0.49	0.16	3
Number of partners	0.27	0.62	0.45	0.10	4
Founding year	0.24	0.55	0.38	0.08	5
Friedman test	χ^2 301.06 $p < 0.05$				
Kendall's W	0.49 $p < 0.05$				

In a study conducted on cooperative partners in Balıkesir, Bursa and Çanakkale provinces, the aims of producers to become partners in cooperatives using the Fuzzy Paired Comparison Method were determined as providing input, using cash credit, providing technical information and product marketing (Everest, 2015). In a study conducted in Manisa province, cooperatives were determined to be the first activity in which vegetable producers could achieve the highest profit through fuzzy paired comparison. This is followed by traders/exporters and brokers, respectively (Özcan, 2022).

CONCLUSION

In this study conducted in six districts selected from İzmir province, face-to-face data was compiled from 155 fresh fruit and vegetable producers. While some of the producers within the scope of the research (63.87%) are partners in an agricultural cooperative, the other part (36.13%) does not have a cooperative partnership. Producers mostly market fresh fruits and vegetables to traders and brokers. Other important channels are processors and exporters. Direct marketing is more limited. Producers have sufficient knowledge about cooperatives. The most important socio-economic factors that affect producers becoming partners in the cooperative are facilitating input supply and low input prices, benefiting from marketing opportunities and price advantage and government supports. The most important activities that producers expect from cooperatives are assisting producers in product collection and sales, ensuring high product prices, and supplying quality and affordable fertilizers and pesticides. Producers believe that managers in cooperatives should have honest and moral values, solidarity and unity should be established among producers, democratic management approach should be taken as basis, and unfair gain and corruption should not be allowed. According to producers, for cooperatives to be successful; product sales prices must be increased, inputs must be supplied to partners in line with their needs, and partners and managers must be compatible.

When producers were asked whether they would be partners if a fresh fruit and vegetable cooperative was established in the region, 76.77% stated that they could be partners. The main reasons for producers who want to become partners were that marketing problems could be reduced by establishing a cooperative, input prices could be reduced by establishing a cooperative, and local products could be branded by establishing a cooperative. The most important reasons for producers who do not want to become partners in the cooperative were that they could make more profit by marketing the products themselves, that the opportunities provided by the cooperative were not needed, and that the cooperative could not offer reasonable prices for product purchases. The most important expectations of producers from the fresh fruit and vegetable cooperative are product prices are higher, product prices are stable, product prices are paid on time and regularly. As can be understood from here, the most important criterion for producers to become a partner in a cooperative is the economic objectives of the cooperatives and their level of realization.

A cooperative established by producers in the region acting together can provide effectiveness, especially in marketing. In this way, producers will be able to sell their products at higher prices. Reducing the number of intermediaries will enable consumers to buy products at affordable prices. If the cooperative can create a storage, processing and distribution network, it will also be able to create employment opportunities in the region. Young people in rural areas of Türkiye do not want to sustain agricultural activities. If cooperatives are successful, they can also contribute to preventing rural migration. The main expectation of fresh fruit and vegetable producers is to sell their products on time and at the highest price. Therefore, Agricultural Development Cooperatives can be taken as an example during the cooperative establishment phase. In this way, production in the region can be increased, regional products can be branded, a competitive environment can be created in terms of prices and export opportunities can be increased.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: DYE, MY; data collection, analysis and interpretation: DYE; statistical analysis: DYE; visualization: MY; writing manuscript: DYE, MY.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Declaration

The study was found ethically appropriate with the decision of Ege University Scientific Research and Publication Ethics Committee numbered E-157153/2020.

Financial Support

This study was not financially supported.

Article Description

This article was edited by Section Editor H. Ece Salalı.

REFERENCES

- Ahmed, M.H. & H.M. Mesfin, 2017. The impact of agricultural cooperatives membership on the wellbeing of smallholder farmers: empirical evidence from Eastern Ethiopia. *Agricultural and Food Economics*, 5 (6): 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40100-017-0075-z>.
- Akın, S. & G. Özdemir, 2010. "Viticulture of cermik district of Diyarbakir province and grape growers perspectives in organizational types, 526-533". *Proceeding of Türkiye IX. Agricultural Economics Congress* (September 22-24, 2020, Sanliurfa-Türkiye), 556 pp.
- Albayram Doğan, Z., 2019, A Research on the Factors Affecting Cooperative-Partner Relations in Agricultural Cooperatives: The Case of Izmir Province. Institute of Science and Technology of Ege University, (Unpublished) PhD Thesis, Izmir-Türkiye, 142 pp.
- Antonova, M., D. Ternovsky, W. Heijman, J. Bijman & L. Nigmatullina, 2021. Farmers' willingness to cooperate: the case of Tatarstan. *Economic Policy*, 16 (5): 96-117. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-5-96-117>.
- Arcas-Lario, N., J.F. Martín-Ugedo & A. Antonio Mínguez-Vera, 2014. Farmers' satisfaction with fresh fruit and vegetable marketing Spanish cooperatives: an explanation from agency theory. *International Food and Agribusiness Management Review*, 17 (1): 127-146.
- Artukoğlu, M.M. & A. Olgun, 2008. Cooperation tendencies and alternative milk marketing channels of dairy producers in Türkiye: A case of Menemen. *Agricultural Economics - Czech* 54 (1): 32-37. <https://doi.org/10.17221/252-AGRICECON>.
- Atış, E. & M.M. Artukoğlu, 2005. "Fruit and vegetable common market organizations in the EU and evaluation of Türkiye in terms of harmonization, 43-56". In: *Harmonization of Turkish Agricultural Policy with the European Union Common Agricultural Policy* (Eds. E. Oktay & R. Tunalioglu), Publications of Agricultural Economic Research Institute, No.134, Ankara, 165 pp.
- Aydoğan, M. & A. Yulaıcı, 2013, Determination of structural problems of agricultural producer organizations in Samsun province. Publication of Directorate of Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun, 84 pp.
- Balgah, R.A., 2019. Factors influencing coffee farmers' decisions to join cooperatives. *Sustainable Agriculture Research*, 8 (1): 42-58. <https://doi.org/10.5539/sar.v8n1p42>.
- Bilgin, N., 1995, *Method and practical studies in social psychology*. System Publishing, Ankara-Türkiye, 178 pp.

- Camanzi, L., G. Malorgio & T. García Azcárate, 2011. The role of producer organizations in supply concentration and marketing: a comparison between European Countries in the fruit and vegetable sector. *Journal of Food Products Marketing*, 17 (2-3): 327-354. <https://doi.org/10.1080/10454446.2011.548706>.
- Cebeci, N. & H. Yener, 2013. A research on the general status of vineyard enterprises' marketing and organization in Sarigöl, Manisa. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 50 (2): 205-212.
- Chen, X. & C. Sun, 2019. The effect of internal trust on the participation willingness of farmers' professional cooperatives members. *Open Journal of Social Sciences*, 7: 325-333. <https://doi.org/10.4236/jss.2019.78023>.
- Çukur, T. & F. Çukur, 2022. Determining factors affecting cooperative membership of the beekeepers using decision tree algorithms. *Journal of Agricultural Sciences*, 28 (1): 25-32. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.739230>.
- Değer, H.C., U. Özder, F. Kınıklı & M. Yercan, 2020. Determining cooperative tendencies of tomato farmers on marketing in Mugla. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 26 (2): 121-129.
- Entehabu, T.G. & P.M.S. Rao, 2014. Experiences and challenges of cooperative marketing in Ethiopia: a case of Meki Batu Fruit and Vegetable Growers' Cooperative Union, Oromia Region. *International Journal of Marketing, Financial Services & Management Research*, 3 (10): 56-68.
- Ergashev, R., 2023. The role of fruit-vegetable cluster-cooperative in providing food security in the Republic of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences (RSE-II-2023)* 392: 1-8, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201047>.
- Ergashev, R., 2024. Determining the prospects of the development of the cooperative of fruit and vegetable products. *E3S Web of Conferences (EEA-II-2023)*, 480: 1-12, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448003002>.
- Ertan, A. & A. Turan, 2001. Analysis of Gülbirlik partners in terms of cooperative partner relationship. *Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences of Süleyman Demirel University*, 6 (2): 29-43.
- Ertek, N., N. Demir & A. Aksoy, 2016. Analysis of the factors affecting the cooperative membership of the cattle enterprises: the case of TRA region. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 30 (1): 38-45.
- Everest, B., 2015, A research on the analysis of factors affecting partners' perception of cooperative principles and their participation in management in Agricultural Credit Cooperatives: the case of Balıkesir Regional Union. Institute of Science and Technology of Ege University, (Unpublished) PhD Thesis, İzmir-Türkiye, 200 pp.
- Everest, B., A. Gül Yavaş, E. Tatar, F. Çakar & I. Acar, 2019. Factors affecting the desire of farmers for cooperative training: Canakkale province example. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 34 (2019): 40-46. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.408742>.
- Fongsamouth, S., H. Moonphoxay, T. Phaxisithidet, V. Souvannasouk & T.H. Thi, 2024. Factors influencing farmers' decision to join Paksong Coffee Production Cooperative, Paksong District, Champasak Province, Lao PDR. *Lao Journal of Economics and Business Management*, 1 (1): 40-47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11619658>.
- Gashaw, B. A. & S.M. Kibret, 2018. Factors influencing farmers' membership preferences in agricultural cooperatives in Ethiopia. *American Journal of Rural Development*, 6 (3): 94-103 <https://doi.org/10.12691/ajrd-6-3-4>.
- Gümüş, H., 2022. A research on determining the cooperative preferences of apple producers in a selected region in Niğde province. Institute of Science and Technology of Ege University, (Unpublished) Master's Thesis, İzmir-Türkiye, 103 pp.
- Günden, C. & B. Miran, 2007. A research on the determination of farmers' objectives hierarchy using fuzzy pairwise comparison. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 20 (2): 183-191.
- Karlı, B., A. Bilgiç & Y. Çelik, 2006. Factors affecting farmers' decision to enter agricultural cooperatives using random utility model in the South Eastern Anatolian Region of Türkiye. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 107 (2): 115-127.
- Kaya, N., S. Çoker, F. Kınıklı & M. Yercan, 2019. A research on farmers' aspects of cooperation: a case of Agri and Eskişehir provinces. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 25 (2): 219-230. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.640167>.
- Kılıç Topuz, B., S. Özalp & M. Külekçi, 2022. Participation of members in the product marketing process of cooperatives: the case of Agricultural Credit Cooperatives in Iğdir Province. *Third Sector Social Economic Review*, 57 (3): 2501-2518. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.22.09.1946>.

- Kınıklı, F., A. Uzman, M. Yercan, M. Zeytin & C. Demirkaya, 2017. Determining the current organizations of cotton farmers and their aspects of organization: a case of Aydın. *Third Sector Social Economic Review*, 52 (Special Issue): 922-951. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.17.12.854>.
- Kızılaslan, H. & A. Yalçın, 2012. Marketing systems fresh fruits and vegetables of European Union and Türkiye. *The Journal of Social Sciences Research*, 7 (2): 119-140.
- Ministry of Agriculture and Forest (MAF), 2023. Agricultural organization statistics. (Web page: <https://www.tarimorman.gov.tr/>) (Date accessed: December, 2023).
- Mustapha, Y. & I. Manu, 2022. Farmers' attitude towards cooperative participation in irrigated vegetables production in Gombe State, Nigeria. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6 (2): 233-239. <https://doi.org/10.31015/jaefts.2022.2.5>.
- Newbold, P., 1995, *Statistics for Business and Economics*. Prentice-hall International, New Jersey, 867 pp.
- Ogunleye, A. A., Z.O. Oluwafemi, K.O. Arowolo & O.S. Odegbile, 2015. Analysis of socio economic factors affecting farmers participation in cooperative societies in Surulere Local Government Area of Oyo State. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8 (5): 40-44. <https://doi.org/10.9790/2380-08514044>.
- Özcan, H.I., 2022. A research on the agricultural organization tendencies of farmers engaged in crop production in Köprübaşı district of Manisa province. Institute of Science and Technology of Ege University, (Unpublished) Master's Thesis, İzmir-Türkiye, 78 pp.
- Palsule-Desai, O.D., 2015. Cooperatives for fruits and vegetables in emerging countries: Rationalization and impact of decentralization. *Transportation Research, Part E* 81 (2015): 114-140. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.06.01>.
- Pedrycz, W. & F. Gomide, 1998. *An Introduction to Fuzzy Sets*. The MIT Press, Massachusetts, 465 pp.
- Qi, Y., Q. Ma & J. Hu, 2016. "Analysis on the influential factors of farmer's willingness to join professional cooperative behavior in minority regions: based on the survey data of Ili Valley livestock farmers, 1115-1119", *Proceeding of 2nd International Conference on Economy, Management and Education Technology* (May 28-29, 2016, Chongqing-China). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, Vol. 62, 2077 pp.
- Rezaei, J., 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53: 49-57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>.
- Rezaei, J., 2016. Best-worst multi-criteria decision-making method: some properties and a linear model. *Omega*, 64: 126-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>.
- Ross, T.J., 1995. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. McGraw-Hill, New York, 600 pp.
- Sevinç, M.R., 2021. Farmers' perception of agricultural cooperatives: the case of Sanliurfa, Türkiye. *Ciencia Rural*, 51 (3): 1-11. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200445>.
- Şahin, A., M. Cankurt, C. Günden, B. Miran & Y. Meral, 2013. Analysis of effective factors for the success of cooperative and cooperatives partnership in Türkiye. *Academic Agriculture Journal*, 2 (1): 23-34.
- Tanaka, K., 1997. *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*. Springer Verlag, New York, 138 pp.
- Turkish Statistical Institute (TURKSTAT), 2023. Agricultural statistics. (Web page: <https://www.tuik.gov.tr>) (Date accessed: December, 2023).
- Vural, H., 2018, Marketing structure of fresh fruit and vegetable in Türkiye. *Horticulture International Journal*, 2 (5): 277-279. <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00064>.
- Yercan, M. & F. Kınıklı, 2018. A Research on the analysis of factors affecting member participation in agricultural cooperatives: a case of dairy cooperatives in İzmir province. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 24 (2): 159-173. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.461520.chen>

Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):49-62

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1514376>

Damla DOĞU¹ * 

Vedat DEMİR¹ 

¹Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering and Technologies, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

damla.doqu@ege.edu.tr

Investigation of pressure drop in main air line of pipeline milking system*

Süt borulu sağım sistemi ana vakum hattında basınç kayıplarının incelenmesi

* This article has been summarized from Damla DOĞU's MSc thesis. This thesis was carried out in the Agricultural Engineering and Technologies, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ege University.

Received (Alınış): 11.07.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of the study is to investigate the pressure drop analytically, numerically and experimentally in the main air line of the pipeline milking system.

Material and Methods: The study was carried out in a pipeline milking system, where the main air line consists of a galvanized straight pipe nominally 50 mm in diameter, with one bend. The pressure drops in the pipeline were measured experimentally at different flow rates. In addition, the pressure drops calculated using theoretical equations and determined using various turbulence models with the Computational Fluid Dynamics (CFD).

Results: During the experiments, a pressure drop of 0.65 kPa was measured at high flow rates. It was found that the results calculated using the theoretical equations were very close to the experimental data. The lowest MAE and NRMSD values for pressure drops calculated with different CFD turbulence models were found in the Realizable k-ε model.

Conclusion: The results showed that the pressure drops in the main air line could be calculated with minor errors by using the numerical analysis method and the Realizable k-ε turbulence model.

ÖZ

Amaç: Çalışmada, süt borulu sağım sisteminin ana vakum hattında oluşan basınç kayıplarının deneysel, analitik ve sayısal olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada bir süt borulu sağım sisteminin ana vakum hattı dikkate alınmıştır. Ana vakum hattı, 50 mm anma çaplı galvaniz düz boru ve dirsekten oluşmuştur. Hattaki basınç kayıpları farklı debi değerlerinde deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca basınç kayıpları, çeşitli kaynaklarda verilen analitik eşitlikler yardımıyla hesaplanmış ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) analiz yöntemiyle farklı türbülans modelleri kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: Denemelerde yüksek debi değerlerinde basınç kaybı değeri 0.65 kPa ölçülmüştür. Analitik eşitlikler ile hesaplanan sonuçlar deneysel verilere oldukça yakın bulunmuştur. Ana vakum hattında deneysel olarak ölçülen ve farklı türbülans modelleri ile hesaplanan basınç kayıpları istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, en düşük MAE ve NRMSD değerleri Realizable k-ε modelinde bulunmuştur.

Sonuç: Ana vakum hattındaki basınç kayıplarının Realizable k-ε türbülans modeli kullanılarak çok düşük hata ile tahmin edilebileceği ve sistem tasarımında kullanılmasının uygun olacağı söylenebilir.

Keywords: CFD, friction loss, pressure loss, vacuum drop

Anahtar sözcükler: HAD, sürtünme kaybı, basınç kaybı, vakum düşüşü

INTRODUCTION

Milk is a basic source of nutrients for the human body. It contains protein, fat, carbohydrates, all vitamins and minerals. The consumption of milk and foods made from milk leads to an increase in the number of dairy farms (Kuraloğlu, 1998; Özdemir et al., 2000; Üçer, 2008). Milking is the periodic removal of the milk produced in the animal's udder. Milking can be done manually or by machine, depending on the size of the dairy farms.

Milking machines are used extensively in intensive dairy farming. The mechanization and automation of milking is achieved with these machines. On the other hand, the milking is done hygienically and the milk yield increases (Gürhan & Çetin, 1998). Milking machines are in direct contact with the animal. Therefore, the performance of the machine has a direct impact on milking success (Öz & Bilgen, 2002).

Milking systems can be classified according to the location of their functional components and how the milk is collected: portable (bucket) milking systems, fixed (pipeline) milking systems and automatic (robotic) milking systems.

Pipeline milking systems consist of two sections. The first section is the milking parlour. This section consists of the main air line and the pulsators. The pulsators are connected to each milking cluster. They provide the milking by transferring vacuum and atmospheric pressure to the teats. The pumped milk mixes with air. It is then transported through short milk hoses into the milk line. The milk line ends at the receiver, where the pumped milk is collected. The second section consists of the main air line between the receiver and the vacuum pump. The main air line distributes the air to the various parts of the vacuum system: sanitary trap, vacuum meter, regulator, vacuum tank and vacuum pump.

The main air line can be made of glass, plastic, galvanized or stainless metal, depending on the requirements of the milking system. The parts of these materials that come into contact with the air should have a smooth structure to avoid any resistance. Pressure drops that occur in straight lines are referred to as "major pressure drops". These pressure drops increase significantly depending on the length of these lines and the velocity of the air. Besides these, fittings (elbows, valves etc.) and pressure measurement points in the main air line cause pressure drops. These losses are referred to as "minor pressure drops". Minor pressure drops are usually less than the major pressure drops that occur in straight lines. However, if there are many fittings in short pipelines, minor pressure in main air line of the pipeline milking systems can reach larger values than major pressure drops (Daugherty & Franzini, 1965; Cengel & Cimbala, 2006).

The pump capacity must be sufficient for the total number of milking units while operating at a vacuum pressure of 50 kPa, which is suitable for milking cows. This air capacity can vary depending on the design of the milking system. In general, it can range from 70 Lmin⁻¹ per unit for systems with 20 units to 85 Lmin⁻¹ for smaller systems with 5 units (FAO, 2024).

Spencer (1993) presented pressure drop tables for pipe sizing in the main air lines of milking systems. It is also stated that the pressure drop value in the air line should be between 0.85 and 1.7 kPa and should not exceed 2.5 kPa. Reinemann (2019) states that the pressure drop in the main air line between the vacuum pump and the milk tank should not exceed 2 kPa. Berry et al. (2005) stated that according to the ISO 5707E standard, the pressure drop in the main air line should not exceed 5% of the pump capacity. Clarke (1983) compared incompressible, isothermal and adiabatic flow equations that can be used to calculate pressure drops in main air lines of pipeline milking systems at air flow rates of 30, 50 and 70 Ls⁻¹. The comparison showed that there is no significant difference between the three methods and that the flow can be assumed to be incompressible and the Darcy-Weisbach equation can simply be used. The study also measured the pressure drops over a test length of 10 m using two different stainless steel pipes of 28 and 48 mm inner diameter and showed that the results are compatible with the Darcy-Weisbach equation.

A main air line should be designed for each milking plant and a system should be installed depending on the characteristics of the plant. This line should be sized to minimize the pressure drop. There are limited scientific studies on pressure drops in the main air lines of milking systems (Clarke, 1983; Spencer, 1993; Reinemann, 2019; Berry et al., 2005). Standards and recommendations generally state that pressure losses should not exceed acceptable limits when dimensioning pipelines (Tan et al., 1993). Thus, energy efficiency and cost reduction are achieved by selecting the appropriate line design and vacuum pump.

The inner diameter of the main air lines should be dimensioned so that the milking process is not affected by vacuum drop. If the milking system is tested according to the ANSI/ASABE standard, the vacuum pressure drop near the receiver and regulator should not exceed 1 kPa. In addition, the vacuum drop between the receiver and the vacuum pump should not exceed 3 kPa for air lines. The internal diameter and slope of the milkline shall be such that the vacuum drop between the receiver and any point in the milkline does not exceed 2 kPa with all units operating at the designed milk flow and airflow (ANSI/ASABE, 2016; ISO, 2007).

In recent years, in addition to experimental investigations, simulation studies using computational fluid dynamics (CFD) have also been carried out on the flow properties and pressure drops along the pipe line. Cürebal (2016) investigated the flow of air, water and natural gas in a 90° elbow with different diameters in various turbulence models. The three-dimensional solution model that comes closest to the experimental results was determined as SST k- ω model. It has been shown that minor pressure drop coefficients in elbows decrease with increasing pipe diameter and flow velocity.

Mossad et al. (2009) carried out a numerical and experimental investigation of turbulent air flow in a sharp 90° elbow. The researchers used Ansys Fluent software for their simulation studies and analyzed three different turbulence models. As a result of the study, it was found that the Realizable k- ϵ model provided the best results.

The study aimed to investigate analytically, numerically and experimentally the pressure drops in the main air line of the pipeline milking system. In addition, the general aim of the study is to obtain basic data related to engineering calculations for the design and operation of pipeline milking systems.

MATERIALS and METHODS

This research was conducted in the Milking Technologies Laboratory in the Department of Agricultural Engineering and Technologies at the Faculty of Agriculture at Ege University. The pipeline milking system is located at sea level (0-300 m). It consists of a vacuum pump, main vacuum line, regulator, connection point for the milk receiver, and measurement points (Figure 1).

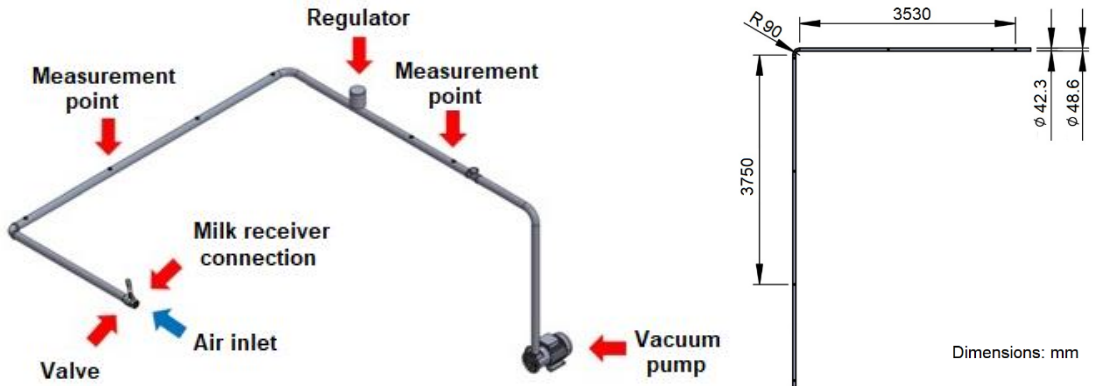


Figure 1. Schematic view of the test stand and the measurement points of the pipeline milking system.

Şekil 1. Süt borulu deneme düzeninin şematik görünümü ve ölçüm noktaları.

In the experimental set-up, the main air line consists of a galvanized pipe with a nominal diameter of 50 mm (outer diameter: 48.6 mm, inner diameter: 42.3 mm) (Figure 1). In the connections on the main air line, two long sweep bends and a standard elbow were used. The total straight pipe length between the pressure measurement points is 7.28 m. Air was supplied by a vacuum pump consist of an oil-lubricated multiple-cell rotary vane (Westfalia RPS 400-GEA Farm Technologies GmbH, Germany).

Methods

The study was carried out in three stages: experimental, analytical, and numerical (computational fluid dynamics) analysis.

Experimental studies

The pressure drop between two pressure measurement points in the main air line was measured at different flow rates. The flow rate of the vacuum pump was controlled by the valve. The regulator was deactivated during the experiments. When measuring pressure and air velocity, a distance of at least 5D of the pipe inner diameter from the inlet and/or outlet of the fittings was taken into account to minimize the turbulence effect (Cengel & Cimbala, 2006; Ntengwe et al., 2015; TS, 2019). The air temperature was also measured and recorded during the measurements.

A digital multifunction measuring instrument (Testo 480, Germany) was used to measure air velocity and differential pressure. The air velocity was measured with a digital propeller-type air velocity meter (propeller diameter: 16 mm, measuring range: $0.6-50 \text{ ms}^{-1}$, accuracy $\pm (0.2 \text{ ms}^{-1} + 1\% \text{ measured value})$ (Figure 2). The probe of the air velocity meter was settled at a distance of at least 5D from the main air line. The mass and volume flow rates were calculated by measuring the air velocity in the main air line.



Figure 2. Digital air velocity and differential pressure meter.

Şekil 2. Dijital hava hızı ve fark basınç ölçer.

During the pre-experiments, it was found that the pressure drop values in the vacuum lines were quite low. For this reason, two different methods of differential pressure measurement were considered to ensure the accuracy of the measurement results. The methods used in the experiments were a digital differential pressure meter and a U-tube differential manometer.

Firstly, the pressure drops were measured with a digital differential pressure meter (Testo 480) with an accuracy of $\pm 0.3 \text{ Pa} + 1\%$ measured value and in the range of $-100 \dots +100 \text{ hPa}$. The connection between the digital differential pressure meter and the measurement points was made with flexible plastic hoses so that there was no cross-sectional constriction (Figure 2). The device and hoses remained fixed during the experiment.

Secondly, the pressure drops were measured with a U-tube differential manometer, which is made of glass tubes with an inner diameter of 5.3 mm and a length of 500 mm (Figure 3). The U-tube differential manometer is connected to the measuring points with hoses of the same length. Distilled water, and gasoline for more precise measurements were used as liquids in the experiments. The density of distilled water and gasoline was determined using an analytical balance with density measurement function (Precisa XB 220A, 220 g capacity and 0.1 mg sensitivity). The density of distilled water and gasoline was determined to be 0.99676 gcm^{-3} and 0.74180 gcm^{-3} , respectively.

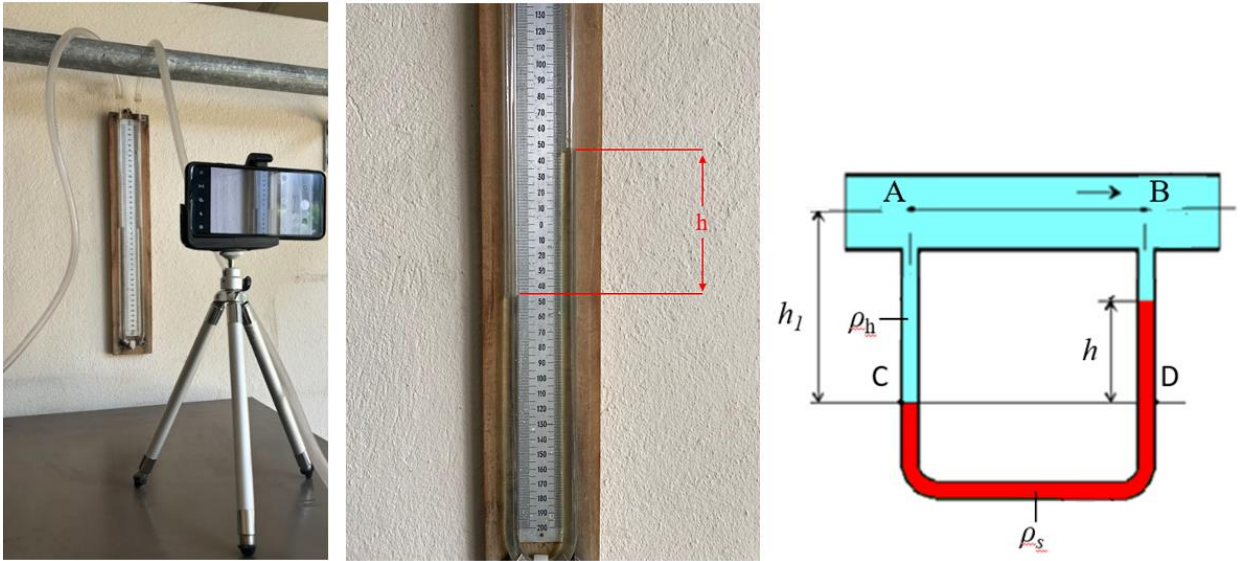


Figure 3. Differential pressure measurement with U-tube manometer.

Şekil 3. U manometre ile basınç farkı ölçümü.

The pressure drop in the U-tube differential manometer was calculated as given below.

$$\begin{aligned}
 P_C &= P_D \rightarrow P_A + \rho_h g h_1 = P_B + \rho_h g (h_1 - h) + \rho_s g h \\
 P_A - P_B &= \rho_h g h_1 - \rho_h g h + \rho_s g h - \rho_h g h_1 \rightarrow P_A - P_B = g h (\rho_s - \rho_h) \\
 \Delta P &= g h (\rho_s - \rho_h)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Where; P_C , pressure at point C; P_D , pressure at point D; P_A , pressure at point A; ρ_h , density of air (kgm^{-3}); P_B , pressure at point B; g , acceleration of gravity (ms^{-2}); h_1 , height of pressure at point C (m); h , height of pressure at point D (m); ρ_s , density of measuring liquids (water and gasoline) (kgm^{-3}); ΔP , pressure drop between points A and B (Pa).

The height of the pressure between the measurement points in the main air line was measured with the U-tube differential manometer at different flow rates. During the measurement, the height of the pressure was photographed and recorded. The pressure drop was calculated using equation (1).

Analytical studies

In analytical studies, measured velocity values were used to calculate the pressure drops in the main air line. The method and equations used in the calculations are given below equation (2) was used to calculate the pressure drop (ΔP_f) in straight pipes (Clarke, 1983; White, 2001; Munson et al., 2002).

$$\Delta P_f = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (2)$$

The Darcy-Weisbach friction factor (f) for fully developed turbulent flow in a straight pipe was calculated using equation (3). The Reynolds number (Re) was determined with equation (4).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log \left[\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} \right] \quad (3)$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (4)$$

Where; ΔP_f , pressure drop in straight pipe (Pa); V , mean flow velocity (ms^{-1}); D , inner diameter (m); L , pipe length (m); ρ , density of air (kgm^{-3}); f , Darcy-Weisbach friction factor; ε , roughness of inner surface of pipe (m); μ , dynamic viscosity of air ($\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$).

Cengel & Cimbala (2006) stated that the inner surface roughness for galvanized pipes is 0.15 mm. In another study, the inner surface roughness of galvanized pipes varies between 0.07-0.23 mm (Medina et al., 2017). Düz (2017) measured the inner surface roughness of newly produced galvanized pipes and found an average of 0.078 mm. In the analytical calculations and CFD analyzes, the inner surface roughness was assumed to be 0.08 mm.

The minor pressure drop (ΔP_k) was calculated using equation (5);

$$\Delta P_k = k \frac{\rho V^2}{2} \quad (5)$$

The total pressure drop in the main air line (ΔP) was calculated using equation (6);

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_k \quad (6)$$

The ANSI/ASABE standards state that the pressure drops up to about 3 kPa, in the smooth main air lines can be calculated using equation (7) for plastic and stainless steel installations and equation (8) for galvanized material installations. It has also been shown that a pressure drop of up to around 2 kPa is acceptable (ANSI/ASABE, 2016; ISO, 2007).

$$\Delta P = 27.8 L \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad (7)$$

$$\Delta P = 18.74 L \frac{Q^2}{D^5} \quad (8)$$

Where; ΔP , total pressure drop (kPa); L , pipe length (m); Q , flow rate (Lmin^{-1}); D , inner diameter of the pipe (mm).

Numerical analysis (CFD studies)

In the third step of the study, the pressure drops in the main air line of the milking system were investigated by numerical flow analysis using ANSYS Fluent 17.2 software (ANSYS, 2016). The geometric model of the main air line was created and the mesh structure was prepared using ANSYS Meshing software (Figure 4). A tetrahedral mesh structure was used for the analyses. The maximum dimension of a grid in the mesh was set to 1 mm in the bend section and 3 mm in the pipe section. The number of nodes and elements in the mesh structure was more than 8.4×10^5 and 4.4×10^6 , respectively.

The analyses were initially performed in different iterations and the number of iterations was set to 500 for optimal convergence.

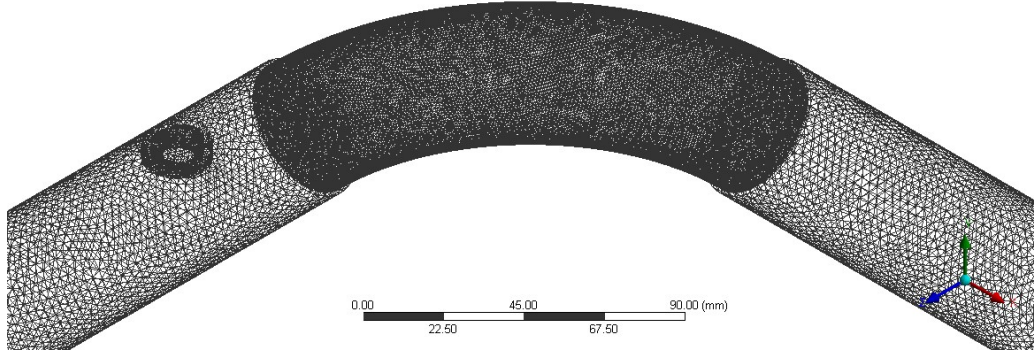


Figure 4. Geometry and mesh structure of the water flow zone in the long sweep bend and the straight pipe section.

Şekil 4. Dirsek ve düz boru bölümünde oluşturulan ağ yapısı.

The models listed below were considered to determine the CFD turbulence models that best predict the pressure drop.

- Spalart-Allmaras (Vorticity-Based, Curvature Correction)
- Standard k- ϵ (Standard Wall and Curvature Correction)
- Realizable k- ϵ (Standard Wall and Curvature Correction)
- Standard k- ω (Low-Re Corrections, Curvature Correction, Shear Flow Correction)
- SST k- ω (Low-Re Corrections, Curvature Correction, Production Limiter)

The second-order upwind discretization scheme was chosen for momentum, turbulent kinetic energy and turbulence dissipation rate, and the coupled method was chosen for pressure-velocity coupling. Number of the convergence accuracy of the solutions was set to 1×10^{-5} .

The mass flow rate calculated from the measured velocity values was defined as the inlet boundary condition and the outflow as the outlet boundary condition. In the CFD analyses, the density of the air $\rho_h = 1.178 \text{ kg m}^{-3}$ and the dynamic viscosity $\mu = 1.855 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ were used for the ambient temperature 26.5°C measured in the experiments. The experimental and numerical (CFD) pressure drops were compared and statistically evaluated.

Statistical analysis

The mean absolute error (MAE) and normalized root mean square deviation (NRMSD) were considered to compare the differences between the experimental pressure drop data and the values predicted by the CFD models (Willmott & Matsuura 2005; Ding et al 2017). It is known that the lowest values of these comparison criteria from Equations (9) and (10) represent the best model prediction (Willmott et al., 1985; Willmott & Matsuura, 2005).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta P_{i,Exp} - \Delta P_{i,CFD}| \quad (9)$$

$$NRMSD = \frac{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i,Exp} - \Delta P_{i,CFD})^2 \right]^{1/2}}{(\Delta P_{i,CFD_{max}} - \Delta P_{i,CFD_{min}})} \quad (10)$$

Where; $\Delta P_{i,Exp}$, experimental pressure drop; $\Delta P_{i,CFD}$, simulation pressure drop values, n is the number of data.

RESULTS and DISCUSSION

The results of the measured pressure drops in the main air line of the pipeline milking system are listed in Table 1 and their changes are shown in Figure 5.

Table 1. Measured pressure drops in the main air line of the pipeline milking system

Çizelge 1. Süt sağım tesisinin ana vakum hattında deneysel ölçülen basınç kayıpları

Flow rate Q (Lmin ⁻¹)	Pressure drop measured with U-tube manometer (distilled water) ΔP (Pa)	Flow rate Q (Lmin ⁻¹)	Pressure drop measured with U-tube manometer (gasoline) ΔP (Pa)	Flow rate Q (Lmin ⁻¹)	Pressure drop measured with a digital differential pressure meter ΔP (Pa)
84.3	39	101.2	44	109.6	67.1
261.4	98	185.5	73	236.1	112.3
362.6	137	328.8	131	354.1	151.3
438.5	166	430.0	167	455.3	180.5
615.5	234	531.2	203	497.5	203.3
750.4	293	624.0	232	632.4	250.2
843.2	332	733.6	269	733.6	292.8
952.8	381	860.0	320	860.0	344.4
1079.3	439	995.0	378	978.1	394.7
1197.3	498	1121.4	436	1205.8	497.6
1273.2	537	1247.9	501	1264.8	531.5
1357.5	576	1408.1	581	1340.7	555.8
1399.7	596	1467.1	618	1391.3	574.4
1450.3	635	1509.3	654	1450.3	613.8
1534.6	693	1551.5	683	1559.9	662.0

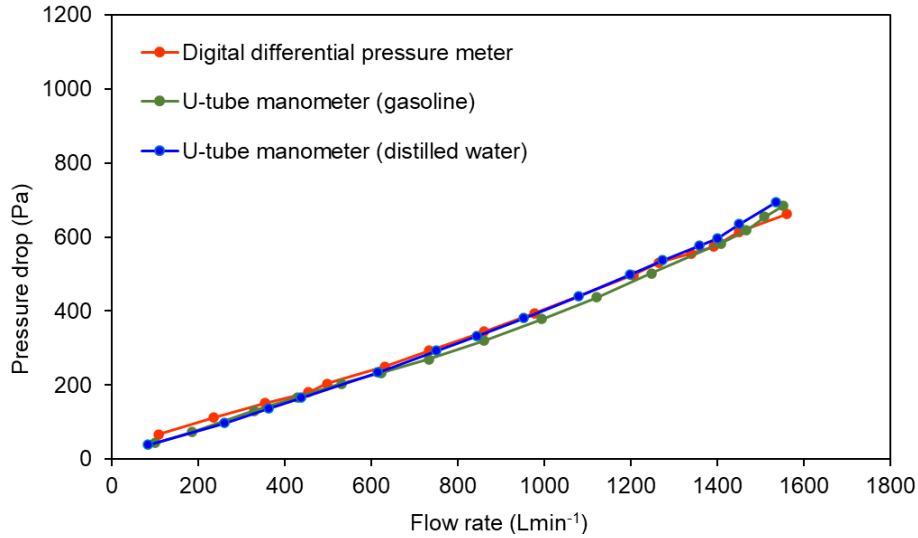


Figure 5. Comparison of pressure drops measured with a digital differential pressure meter and U-tube manometer in the main air line of the pipeline milking system.

Şekil 5. Süt sağım tesisinin ana vakum hattında dijital fark basınç ölçer ve U manometre ile ölçülen basınç kayıplarının karşılaştırılması.

Table 1 and Figure 5 show that the pressure drop measurements carried out with the digital differential pressure meters and the U-tube manometer are quite similar. The highest pressure drop was measured as 0.65 kPa at the highest flow rate ($\approx 1550 \text{ Lmin}^{-1}$). This measured pressure drop value in the main air line was quite below the value of 2 kPa, which is stated in various references as the highest value for main vacuum lines (ANSI/ASABE, 2016; Reinemann, 2019). It can be seen that the measured pressure drop values are close to the lower limit of the values of 0.85 to 1.7 kPa proposed by Spencer (1993) and that the results agree with each other.

Table 1 and Figure 5 show that the measurement results obtained with different methods are very close to each other. For this reason, the flow values measured in the digital air velocity meter during the measurement with the U-tube manometer (distilled water) were taken into account when determining the pressure drop with theoretical equations (6, 7 and 8) and CFD. The comparison results of the pressure drops calculated with theoretical equations and the measured values are shown in Figure 6.

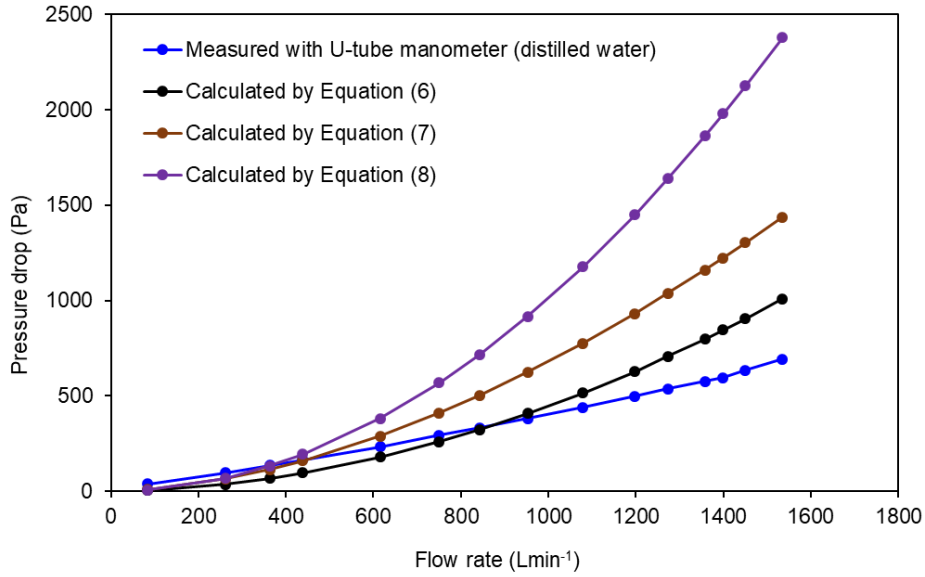


Figure 6. Comparison of the pressure drops measured with the U-tube manometer and calculated with the theoretical equations in the main air line of the pipeline milking system.

Şekil 6. Süt sağım tesisinin ana vakum hattında U manometre fark basınç ölçer ile ölçülen ve teorik eşitliklerle hesaplanan basınç kayıplarının karşılaştırılması.

Figure 6 shows that the measurement results and the pressure drops calculated using theoretical equation 6 are close to each other. It can be seen that there is a quite high difference between measured pressure drop values and calculated with equations (7 and 8) of the ANSI/ASABE and ISO standards. This difference increases with the value of the flow rate. Equations 7 and 8 are equations for calculating the pressure drops up to values around 3 kPa in main vacuum lines. As stated in the standards, these equations are often used to determine the safe minimum inner pipe diameter for specific flow rates and pipe lengths for main vacuum lines. Since these equations are used for satisfactory calculations, higher pressure drop values can also be calculated. The reason for this is that the friction factor is not taken into account in the equations. It can also be explained by the fact that values such as roughness, viscosity and density are calculated with a constant coefficient despite their changes.

The comparison results of the pressure drops determined by the CFD analysis using different turbulence models and the measured values are given in Figure 7.

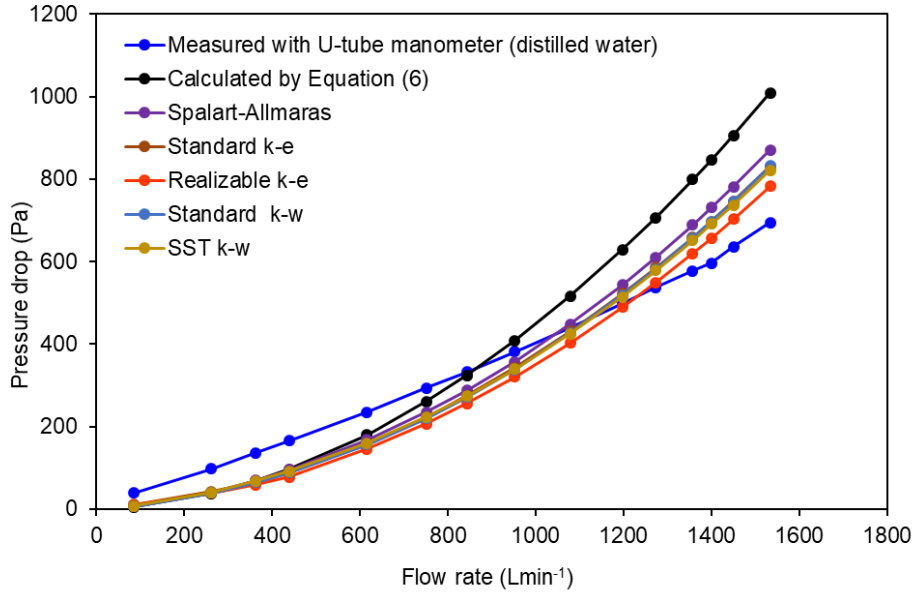


Figure 7. Comparison of the pressure drops measured, calculated and simulated with different turbulence models.

Şekil 7. Ölçülen, teorik eşitlikler ve farklı CFD türbülans modelleri ile hesaplanan basınç kaybı değerlerinin karşılaştırılması.

Figure 7 shows that the results calculated with different turbulence models are very close to each other. The pressure drops measured and calculated with theoretical equations and different turbulence models are also very close to each other. All turbulence models were statistically evaluated with measured values. The mean absolute error (MAE) and normalized root mean square deviation (NRMSD) criteria were used for the evaluation and the results are shown in Table 2.

Table 2. Statistical comparison of pressure drops measured and calculated with different turbulence models

Çizelge 2. Ölçülen ve farklı türbülans modelleri ile hesaplanan basınç kayıplarının istatistiksel karşılaştırması

CFD turbulence models	MAE	NRMSD
Spalart-Allmaras	74.51	0.1335
Standart k-ε	66.03	0.1127
Realizable k-ε	58.99	0.0987
Standart k-ω	66.78	0.1135
SST k-ω	63.08	0.1067

The lowest MAE and NRMSD values for the pressure drops were found in the results calculated with the Realizable k-ε model. This result is well-matched with Mossad et al. (2009).

The results regarding the velocity and pressure changes of the air flow in the pipe determined with the Realizable k-ε turbulence model are shown in Figure 8.

Figure 8 shows that the velocity and pressure changes of the air flow in the pipe are most effective in the sweep bend and in the section after the sweep bend. The results regarding the velocity and pressure changes of the air flow at 0, 50, 100, 150, 200 and 250 mm after the sweep bend are shown in Figure 9.

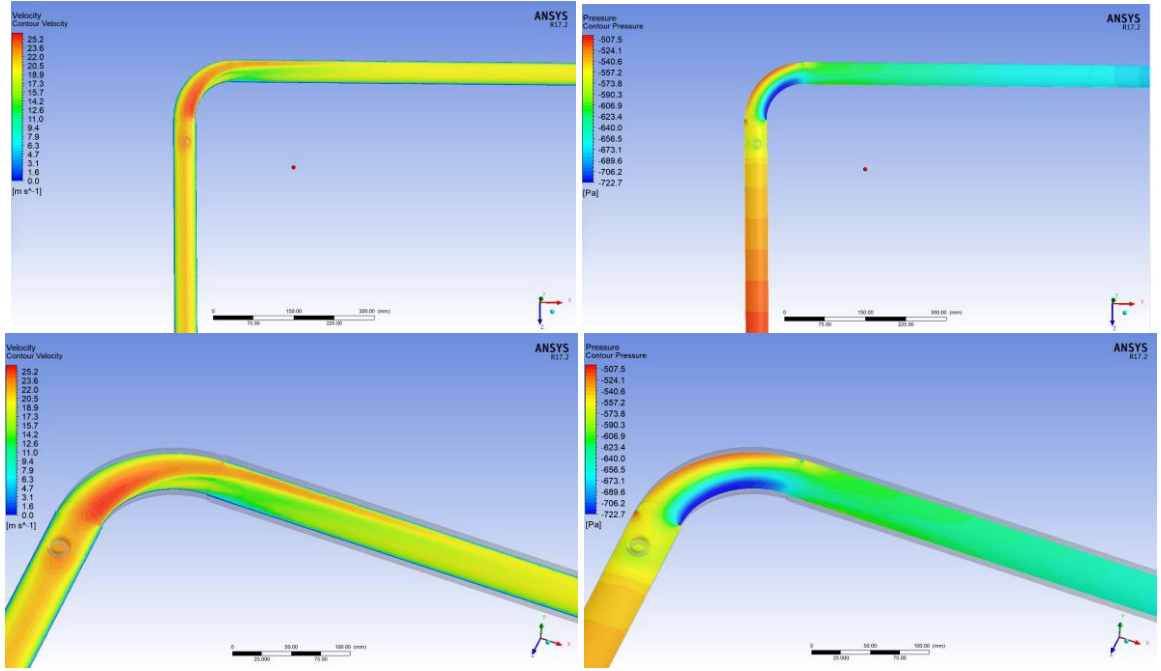


Figure 8. Flow velocity and pressure changes due to the air flow in a long sweep bend and a straight pipe section.

Şekil 8. Düz boru ve dirsekte hava akımının oluşturduğu hız ve basınç değişimleri.

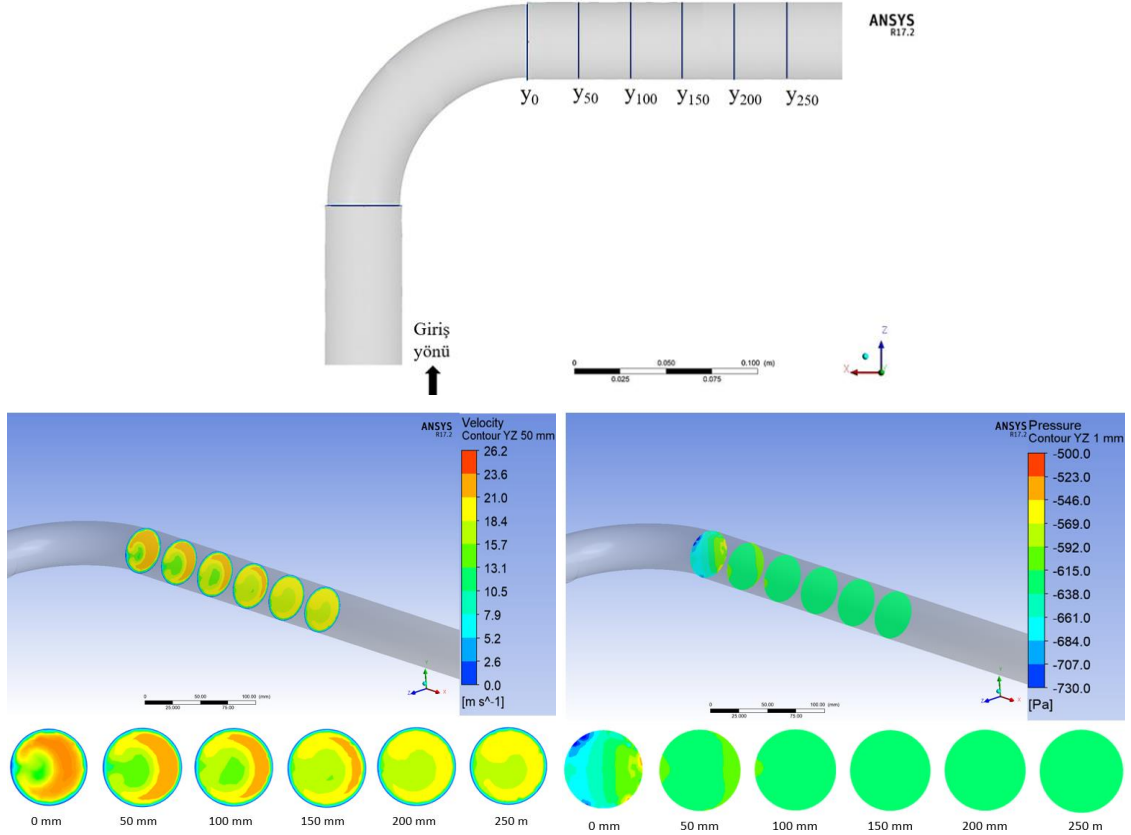


Figure 9. Velocity and pressure changes of the air flow in different straight pipe sections after the long sweep bend.

Şekil 9. Hava akımının dirsekten sonraki farklı noktalarda oluşan hız ve basınç değişimleri.

It was found that the change in flow velocity is quite effective in the inner and outer curvature sections of the sweep bend. In addition, in sections 0, 50, 100 and 150 mm downstream of the sweep bend, especially in the continuation of the outer curvature section of the sweep bend, it was observed that the velocity change in the flow is effective (Figure 9). After this section, the flow began to become uniform and the effect of the velocity change decreased.

It was observed that the pressure changes are particularly effective in the 50 mm section after the sweep bend. After this distance, the pressure distribution in the pipe becomes uniform. As mentioned in numerous references, it is important to consider a distance of at least 5D of the pipe inner diameter from the fittings to minimize the interaction of turbulence when measuring pressure and air velocity. Figure 9 shows that the connection of measuring devices in the inner and outer curvature sections of the sweep bend and near the inner and outer bends can cause measurement errors.

When the pressure changes at 0 mm downstream of the bend in Figure 9 are examined, it can be seen that even small changes in the diameters of the connections between the bend and the main pipe cause pressure changes. Therefore, the diameters of fittings and main pipe should be compatible to reduce pressure drops.

CONCLUSION

The measured pressure drops in the main air line of pipeline milking system were close to the pressure drops calculated with theoretical equations. However, the values calculated with the ANSI/ASABE equations are significantly higher than these values. This difference increases with the value of the flow rate. The calculation of the pressure drops using these equations given in the ANSI/ASABE standards can cause errors.

The results regarding the pressure drops determined with different turbulence models were statistically analyzed. The lowest MAE and NRMSD values for the pressure drops were found in the results calculated with the Realizable k- ϵ model. It can be said that the pressure drops in the main vacuum line can be estimated with minor error using the Realizable k- ϵ turbulence model and that it would be appropriate to use these values in the system design.

It has been observed that small changes in the diameters of the connections between the elbow and the main pipe cause pressure changes. Therefore, the diameters of fittings and pipe should be compatible to reduce pressure drops.

In CFD studies, it was found that the velocity and pressure changes of the air flow in the pipe are most effective in the sweep bend and in the section after the sweep bend. It was found that the velocity change of the flow is quite effective in the inner and outer curvature sections of the sweep bend. After 150 mm downstream of the sweep bend, the flow began to become uniform and it was observed that the effect of the velocity change decreased. It was observed that pressure changes were particularly effective in the 50 mm section downstream of the sweep bend. As mentioned in numerous references, it is important to consider a distance of at least 5D of the pipe inner diameter from the fittings to minimize the interaction of turbulence when measuring pressure and air velocity. Connecting measuring devices in the inner and outer curvature sections of the bend and near the inner and outer bends can cause measurement errors.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: DD, VD; sample collection: DD, VD; analysis and interpretation of data: DD, VD; statistical analysis: DD, VD; visualization: DD, VD; writing manuscript: DD, VD.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Statement

We declare that there is no need for an ethics committee for this research.

Financial Support

This study did not receive funding from any organisation.

Article Description

This article was edited by Section Editor Dr. İkbāl AYGÜN.

REFERENCES

- ANSI/ASABE, 2016. Milking Machine Installations-Construction and Performance, ANSI/ASABE Standard AD5707: 2007 MAR2016, USA, 59 pp.
- ANSYS, 2016. Fluent Theory Guide R.17.2. Canonsburg, PA: ANSYS, Inc., USA, 850 pp.
- Berry, E. A., J. E. Hillerton & M. Scrivens, 2005. Milking machine test survey of UK herds. *Veterinary Record*, 157 (5): 147-148
- Cengel, Y. A. & J. M. Cimbala, 2006. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (1st edition). NY: McGraw-Hill, 940 pp.
- Clarke, R. M., 1983. Pressure drop in milking machine air pipes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28 (6): 513-520.
- Cürebāl, T., 2016. Boru Ekleme Parçalarındaki Akışın Üç Boyutlu İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, (Unpublished) Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 71 s.
- Daugherty, R. L. & J. B. Franzini, 1965. *Fluid mechanics with engineering applications*. (6th edition). NY: McGraw-Hill Book Company, 574 pp.
- Düz, H., 2017. Impact of excess roughness on power consumption in pipe flows. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7 (2/2): 202-213.
- FAO, 2024. Milking machines and equipments. Milking, milk production hygiene and udder health. (Web page: <https://www.fao.org/4/t0218e/T0218E02.htm>) (Accessed date: June 2024).
- ISO, 2007. Milking machine installations-Construction and performance, ISO Standard: ISO 5707 FEB2007, Switzerland, 50 pp.
- Kuraloğlu, H., 1998. Bursa İline Bağlı Mustafakemalpaşa ve Karacabey İlçelerinde Sağımda Mekanizasyon Uygulamaları. Ege Üniversitesi, (Unpublished) Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 125 s.
- Medina, Y. C., O. M. Fonticiella & O. F. Morales, 2017. Design and modelation of piping systems by means of use friction factor in the transition turbulent zone. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 4 (4): 162-167.
- Mossad, R., W. Yang & P. M. Schwarz, 2009. "Numerical prediction of air flow in a sharp 90° elbow, 1-5". Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries CSIRO (9-11 December 2009, Australia), ISBN 978 0 643 09825 1 CD-ROM.
- Munson, B. R., D. F. Young & T. H. Okiiski, 2002. *Fundamentals of Fluid Mechanics* (4th edition). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 836 pp.
- Ntengwe, F., M. Chikwa & L. Witika, 2015. Evaluation of friction losses in pipes and fittings of process engineering plants. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4 (10): 330-336.
- Özdemir, F., M. Toker & A. Bayhan, 2000. "Sağım makinalarındaki gelişmeler ve Isparta yöresi işletme koşullarına uygun sağım makinası seçim ölçütleri, 451-456." 19 Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi (1-2 Haziran 2000, Erzurum), 539 s.
- Reinemann, D. J., 2019. "Milking Machines and Milking Parlors, 225-243". In: *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*. Academic Press, 787 pp.

- Spencer, S. B., 1993. "Milking System Design for Large Herds, 9-15". Western Large Herd Management Conference (1993, Las Vegas Nevada), 213 pp.
- Tan, J., K. Janni & R. Appleman, 1993. Milking system dynamics. 2. Analysis of vacuum systems. Journal of Dairy Science, 76 (8): 2204-2212.
- TS, 2019. Kapalı Kanallarda Akışkan Akışının Ölçülmesi - İletken Sıvılar İçin Elektromanyetik Debimetreler Kullanım Kılavuzu. TS EN ISO 20456 Standardı. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 44 s.
- Üçer, E., 2008. Örnek Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Süt Sağım Mekanizasyonunda İşgücü Gereksinimleri ve Maliyetlerin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Unpublished) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 71 s.
- White, F. M., 2001. Fluid Mechanics (4th edition). New York: McGraw-Hill, Inc, 826 pp.
- Willmott, C. J. & K. Matsuura, 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research, 30 (1): 79-82.
- Willmott, C. J., S. G. Ackleson, R. E. Davis, J. J. Feddema, K. M. Klink, D. R. Legates, J. O'donnell & C. M. Rowe, 1985. Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research: Oceans, 90: 8995-9005.

Research Article (Araştırma Makalesi)

Koffi Romaric GASSI ^{1*} 

Hacer ÇELİK ATEŞ ¹ 

¹ Isparta University of Applied Sciences,
Faculty of Agriculture, Department of
Agricultural Economics, 32260, Merkez,
Isparta, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

romgassi@gmail.com

Keywords: Adaptation measures, climate
change, producer perception, Türkiye, Yalvaç

Anahtar sözcükler: Uyum önlemleri, iklim
değişikliği, üretici algısı, Türkiye, Yalvaç

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):63-75

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1499619>

Perceptions of climate change and adaptation measures among wheat and barley producers*

Buğday ve arpa üreticilerinin iklim değişikliği algıları
ve uyum önlemleri

* It has been summarized from the first author's master.

Received (Alınış): 22.06.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 30.10.2024

ABSTRACT

Objective: This study aims to assess producers' perceptions of climate change and identify the adaptation strategies adopted by them.

Material and Methods: Stratified sampling was used to determine sample size, with the Neyman method used to allocate participants by strata, resulting in a total of 116 respondents. Analytical techniques including proportional distributions, chi-square tests and multiple correspondence analysis were used.

Results: Results indicate an average producer age of 46 years, with 56.1% having attained high school or higher education, and an average farming experience of 22 years. The majority (90.5%) reported declining wheat/barley yields, attributing this trend predominantly to climate change effects, notably increased temperature (92.2%) and drought (95.7%), alongside decreased rainfall (100%) and water resources (95.7%). Forecasts suggest these trends will persist, with over 70% agreement. To address these challenges, most producers have adjusted autumn tilling dates (82.8%), fertilizer application (83.6%), sowing dates (88.8%), and wheat and barley harvesting schedules (69%).

Conclusion: Awareness campaigns are recommended to improve the perception of producers and strengthen their adaptation to climate change risks. The study's findings will provide policymakers with the insights needed to design and implement targeted training programs that address gaps in producers' perceptions and adaptation strategies.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı üreticilerin iklim değişikliğine yönelik algılarını ölçmek ve üreticilerin uyguladıkları uyum önlemlerini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem: Örnek hacminin belirlenmesinde tabakalı örnekleme yöntemi kullanılmış, örnek hacminin tabakalara dağılımında ise Neyman yöntemi kullanılarak toplam 116 kişi ile anket yapılmıştır. Toplanan verilerin analizinde oransal dağılımlar, khi-kare ve çoklu uyum analizleri kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Sonuçlar, ortalama üretici yaşının 46 olduğunu, %56.1'inin lise veya daha yüksek eğitime sahip olduğunu ve ortalama çiftçilik deneyiminin 22 yıl olduğunu göstermektedir. Çoğu üretici (%90.5) buğday/arpa verimlerinin azaldığını bildirmiş ve bu eğilimi ağırlıklı olarak iklim değişikliği etkilerine, özellikle artan sıcaklığa (%92.2) ve kuraklığa (%95.7) ve azalan yağışa (%100) ve su kaynaklarına (%95.7) bağlamıştır. Tahminler, bu eğilimlerin %70'in üzerinde bir mutabakatla devam edeceğini göstermektedir. İklim değişikliğinin sürekli etkileriyle başa çıkmak için, üreticilerin çoğunluğu sonbaharda toprağı sürüm tarihini (%82.8), gübre uygulamasını (%83.6), ekim tarihini (%88.8) ve buğday ve arpanın hasat tarihini (%69) değiştirmiştir.

Sonuç: Üreticilerin algısını geliştirmek ve iklim değişikliği risklerine uyumlarını güçlendirmek için farkındalık çalışmaları yapılması önerilmektedir. Çalışmanın bulguları, politika yapıcılara üreticilerin algıları ve uyum stratejilerindeki eksiklikleri ele alacak hedefli eğitim programlarını tasarlamak ve uygulamak için gerekli bilgileri sağlayacaktır.

INTRODUCTION

The concepts of climate and climate change have been frequently discussed in recent years, with various definitions found across different sources. Climate is defined as the average of meteorological events such as temperature, precipitation, and wind over a specific period (TOB, 2021). Climate change can be described based on numerous sources as the disruptions in the global atmospheric composition caused directly or indirectly by global warming resulting from human or natural greenhouse gas emissions (Fujisawa et al., 2015; Doğan & Karakaş, 2018; Tsujii & Gültekin, 2018). These changes manifest over the years as drought, altered precipitation patterns, and increased temperatures (Yang et al., 2022). Drought occurs following extended periods without rainfall, leading to significant crop losses in agriculture (Djellouli et al., 2019). Reduced precipitation increases the water demand of plants, thereby intensifying water stress (Assi, 2022). The rise in global temperatures deteriorates soil health, exacerbates adverse impacts on agricultural products, and results in large-scale crop losses (Krishnan et al., 2011; Korres et al., 2017). All these negative effects on agricultural production exert pressure on food security, particularly affecting food production and accessibility (IPCC, 2022).

Like many countries, Türkiye's agricultural sector is under threat from the impacts of climate change (Akyüz & Atiş, 2022). Wheat and barley, which are rain-fed cereals, are particularly vulnerable to changes in temperature and precipitation, affecting their area and yield (Tsujii & Gültekin, 2018). According to TÜİK (2023), the production areas for wheat and barley in several regions of Türkiye have declined in recent years. Consequently, despite the adverse effects of climate change, measures must be taken to ensure that producers can continue growing wheat and barley. Numerous scientific studies have analyzed the behaviors and adaptation measures of producers in Türkiye in response to climate change threats (Polat & Dellal, 2016; Akyüz & Atiş, 2022; Bolat & Bakırcı, 2022; Korkmaz & Şahin, 2023). For instance, Polat & Dellal (2016), analyzed the perceptions of producers who practice good agricultural practices regarding climate change and its impacts. Bolat & Bakırcı (2022), assessed the knowledge and perception levels of agricultural producers in the Erbaa plain concerning climate change. Korkmaz & Şahin (2023), determined the level of perception of climate change concerns by the respondents. Akyüz & Atiş (2022), explored the environmental attitudes of producers in the "Küçük Menderes" basin regarding climate change adaptation.

Considering that each region has its unique climate and soil structure, resulting in differences in the crops produced, these studies are understood to be conducted at a regional level. However, no previous study has been found regarding the perception of climate change in the Isparta region and Yalvaç district. This study aims to provide critical data for decision-makers to develop agriculture and address issues in the region by examining the perceptions of climate change and adaptation measures implemented by producers in Yalvaç district. Türkiye's Mediterranean region, including Yalvaç district, experiences a faster temperature rise compared to other regions. Projections for 2070 predict a 6°C increase in summer temperatures and almost a 20% decrease in winter precipitation. Over the past 100 years, the number of hot days and nights in the Mediterranean region has increased by more than 15 days, leading to reduced summer crop yields even with irrigation. In 2008, low rainfall in Isparta province (including Yalvaç district) resulted in poor grain yields and made harvesting with combine harvesters challenging, ultimately leading to insufficient hay supply for livestock farms. Additionally, rising temperatures due to climate change have decreased the water volume in the region's lakes (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Under these conditions, wheat and barley producers must implement multiple measures to cope with the direct or indirect effects of climate change.

MATERIALS and METHODS

This research was approved by the ethics committee of Isparta University of Applied Sciences with document number E.62155, dated 10.24.2022.

This research utilized primary data collected through face-to-face surveys with wheat and barley producers in Yalvaç district.

The Yalvaç district in Isparta province was selected as the research area because it is the largest producer of wheat and barley, with the highest number of producers. This district is representative of the Isparta region both socially and economically in terms of wheat and barley production. The sample size was determined based on the area planted with wheat, considering that wheat producers also cultivate barley. Farms registered in the Farmer Registration System for the 2022 production season were taken as the main population (N=2247). The Stratified Sampling Method (Yamane, 2018) was used to determine the sample size, and the Neyman Method was applied for the distribution of the sample size across strata (Çiçek & Erkan, 1996).

$$n = \frac{\sum (N_h S_h)^2}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad (1)$$

In the equation above: n: represents the sample size, N: denotes the total number of units, N_h: is the number of units in the *h*-th stratum, S_h: is the standard deviation of the *h*-th stratum, D: is defined as d/z, d: is the deviation from the mean, z: is the value from the z-distribution table corresponding to (N-1) degrees of freedom at a 95% confidence level and a 5% margin of error.

$$n = \frac{(19352)^2}{(2247)^2 \left(\frac{1.50}{1.96} \right)^2 + (256933.7)}$$

In the calculation, the sample size was determined to be 116 (Table 1). The following formula was used to determine the number of producers in each stratum (Çiçek & Erkan, 1996).

$$n_i = \frac{N_n S_n n}{\sum (N_n S_n)} \quad (2)$$

Table 1. Sample size

Çizelge 1. Örnekleme hacmi

Stratum	Stratum margins (da)	Average	N _h	S _h	N _h S _h	Stratum Sample Number
I	1.00-20.00	10.39	1121	6.50	7281.51	44
II	20.01-50.00	32.03	793	6.73	5341.31	32
III	50.01-100.00	68.16	233	13.22	3082.54	18
IV	100.00 +	134.18	100	36.46	3646.59	22
Total		30.09	2247		19352	116

The Likert scale was used to measure the producers' perceptions of climate change. For data analysis, Multiple Correspondence Analysis (MCA), Chi-square tests, and proportional distributions were employed. Multiple Correspondence Analysis is a method for interpreting categorical data. This graphical approach highlights the similarities, differences, and relationships between row and column variables in cross-tabulations. It also allows for the observation of their simultaneous changes in a reduced-dimensional space (Süner & Çelikoğlu, 2010). The Chi-square test was used to analyze the relationship between two variables.

RESULTS and DISCUSSION

Socio-economic characteristics of producers

The majority of the producers surveyed are male (96.6%) with an average age of 46 years. The youngest participant is 26 and the oldest is 72 years old. According to Shahbaz (2018) and Tokgöz (2022), agricultural farms are predominantly managed by men. Yüzbaşıoğlu (2019), noted that women have less influence in agricultural operations and generally work as family labor, which explains the low representation of women in the sample. Similar results were found by Karakaş (2022), which revealed

that most wheat producers in Çorum province are male (95%) with an average age of 47 years. Naseri (2015) found the average age of wheat producers in Uşak province to be 51 years. In terms of education, most producers have completed high school (39.7%), followed by elementary school (21.6%), middle school (20.7%), and university (16.4%). These results indicate that a majority of the producers have at least a high school education, suggesting a higher level of awareness about agricultural practices and a better ability to comprehend and express perceptions related to climate change. Producers with higher education levels are more likely to change their behavior in response to the impacts of climate change compared to those with lower education levels. Producers in Yalvaç have an average of 22 years of experience in wheat or barley production. A Chi-square analysis showed a statistically significant relationship ($p < 0.000$) between the producers' age and years of experience, indicating that older producers have more experience. This relationship can be attributed to the fact that older producers have had more time to accumulate practical farming knowledge and experience. According to Arimi et al. (2020), producers with more agricultural experience tend to have better skills to cope with the effects of climate change. The survey revealed that 42.2% of the producers engage in activities other than agriculture. Among these, the highest proportions are government employees (38.8%) and self-employed individuals (34.7%), including drivers, shopkeepers, and traders. These findings indicate a diversity of income-generating activities among participants, which can have positive effects on the economic resilience of producers, particularly in the context of climate change challenges. Diversifying income sources can contribute to greater financial stability amidst climate and market fluctuations. Additionally, adopting effective measures in the face of climate change can enable producers to invest their surplus earnings into improving their agricultural operations. In Yalvaç district, the majority of producers (42.2%) produce wheat on owned land, followed by those who farm on rented land (34.5%) and those using a combination of owned and rented land (20.7%). Similar results were found in Uşak province, where the majority (59%) of land used for wheat production is owned (Naseri, 2015). In Isparta Yalvaç district, both barley and wheat are produced on owned, rented and shared lands. However, barley production is more commonly conducted on rented land (40.7%), followed by owned land (34.3%).

Producers' perception on the effects of climate change on wheat/barley production

Between 2012 and 2022, the majority of Yalvaç producers (90.5%) observed changes, such as yield reductions, in wheat and barley production. Furthermore, 52.4% of the producers stated that the decrease in wheat or barley yields between 2017 and 2022 was due to drought and lack of rainfall. More than 50% of the producers indicated that the decline in wheat or barley yields over the past decade was caused by drought, insufficient rainfall and frost (Table 2). These statements clearly demonstrate that producers are strongly affected by the impacts of climate on wheat and barley production.

Table 2. Reasons for the decline in wheat and barley yields according to producers

Çizelge 2. Üreticilere göre buğday ve arpa verimindeki düşüşün nedenleri

	Number	%
Reasons for yield decline between 2017 and 2022		
Insufficient rainfall, drought	55	52.4
Seasonal shifts, change of precipitation times	36	34.3
Not using fertilizer, insufficient use (price increase)	7	6.6
Frost, hail, excessive rainfall	7	6.6
Total	105	100
Reasons for yield decline between 2012 and 2022		
Insufficient rainfall, drought, frost	65	61.9
Temperature rise, global warming	34	32.4
High fertilizer prices, poor quality seed	6	5.7
Total	105	100

According to Kaya (2021), the decrease in wheat yields in Türkiye is primarily due to extreme temperatures (above 30°C) and insufficient rainfall (below 40 mm) occurring in May and June. The recurrence of these climatic events (extreme heat and low precipitation) over several years suggests that many winter wheat varieties will be unable to withstand the effects of climate change. Geren & Geren (2008), noted that inadequate rainfall between February and March, during the heading period, significantly reduces wheat yields in Türkiye. High temperatures and low rainfall in May are key climatic factors impacting wheat yields in the coastal regions of the Aegean in Türkiye. Similarly, a study conducted in Nigeria found that delayed rains and high temperatures are the most critical climate factors that significantly reduce crop yields in many farms (Chukwu et al., 2023).

All producers (100%) expressed concerns about the impacts of climate change. Their worries include reductions in wheat and barley yields, which they believe will lead to significant decreases in food supply in the coming years. Therefore, it is indicated that issues of food insecurity are fundamentally linked to climate change. Consequently, there is widespread awareness among producers about the potential risks of climate change to food security. Additionally, 20.7% of the producers are specifically worried that climate change will cause global warming and drought (Table 3). According to a study by the Ministry of Agriculture and Forestry, 76% of producers indicated that the effects of climate change would lead to severe famine (TOB, 2021).

Table 3. Producers' concerns about the impacts of climate change

Çizelge 3. Üreticilerin iklim değişikliğinin etkileri hakkındaki endişeleri

Producers' worries about the impacts of climate change	Number	%
Decreases in yield	38	32.8
Problems in food supply	27	23.3
Drought, decreasing rainfall and rising temperatures	24	20.7
Shift of precipitation to summer due to climate change	9	7.8
Lack of water (water shortage)	8	6.9
Reduced income	4	3.4
Degradation of ecology	3	2.6
Natural disasters, increase in diseases and pests, pollution problems	3	2.6
Total	116	100

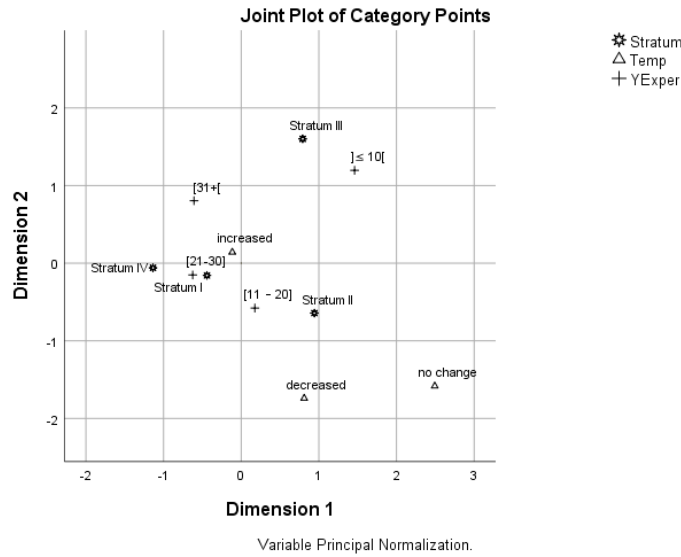
While all producers are concerned about climate change, the level of concern varies among individuals. Specifically, 38.8% of producers are very worried about the effects of climate change. In contrast, 35.3% are neutral, neither worried nor unworried, and 25.9% are simply concerned about climate change. These findings indicate widespread concern among producers, though the degree of individual concern varies. Some producers may express higher levels of concern due to personal experiences or the direct impact of climate change on wheat and barley production. These data can be useful in developing differentiated awareness strategies and adaptation measures based on the producers' levels of concern. In the Wushen Banner region of China, a study by Zhang et al. (2020), found that 41% of producers were very worried about climate change, 51% were neutral, and 4% were not concerned about climate change. Similarly, a study by the TOB (2021), reported that the majority of producers believe the climate is constantly changing, with 92% expressing concerns about the impacts of climate change.

Perceptions of wheat and barley producers on climate change

To assess producers' perceptions on changes in specific weather indicators, a three-level Likert scale (1- decreased, 2- no change, 3- increased) was employed. According to the results, wheat and barley producers in Yalvaç district noted increases in average summer temperatures (95.7%), average winter temperatures (87.1%), drought intensity (85.3%), and soil degradation (68.1%). These findings align with Zhang et al. (2020), where the majority of producers in China's Wushen Banner region (95%) reported increases in annual temperature and drought. Producers in Punjab, India, have observed a rise in temperature in recent years (Kumar & Sidana, 2018), as have producers in Burundi (Batungwanayo et al., 2023). Similar observations have been made by producers in Pakistan, who reported temperature

increases during both summer and winter months (Abid et al., 2015). All wheat and barley producers in Yalvaç district (100%) reported a decrease in average annual rainfall over the past decade. Producers also indicated declines in average spring rainfall (99.1%), average summer rainfall (85.3%), average autumn rainfall (98.3%), average winter rainfall (92.2%), the number of rainy days annually (94%), and available water resources (95.7%). These findings reflect growing concerns about climate change, particularly changes in rainfall patterns that significantly affect agriculture. Reduced rainfall can have a substantial impact on wheat and barley production, which heavily depend on climatic conditions. Furthermore, these results underscore the need to adapt agricultural practices and implement strategies to mitigate the potential effects of climate change. These results are consistent with other studies. In Wushen Banner, China, 95% of surveyed producers reported a decline in annual rainfall (Zhang et al., 2020). In Punjab, India, most producers have observed a decrease in seasonal rainfall in recent years (Kumar & Sidana, 2018). According to Kızmaz (2020), participants in various villages in Elazığ, Türkiye, noted a reduction in water resources. In Pakistan, producers reported decreases in rainfall during both summer and winter months (Abid et al., 2015).

According to multiple correspondence analysis, the relationship between farm size, agricultural experience, and producer opinions on annual temperature changes is presented in Figure 1. Producers with farms smaller than 20 decares and 21 to 30 years of agricultural experience believe there has been a greater increase in average annual temperature over the past decade. This finding suggests that producers with smaller farms may be more sensitive to climate change due to the more vulnerable nature of their operations. Additionally, extensive agricultural experience may heighten awareness of even small changes in climate conditions over the years.



Δ Average annual temperature	* Stratum	+ Years of experience
1. decreased	1. Stratum I (1.00-20.00) da	1.]≤ 10]
2. no change	2. Stratum II (20.01-50.00) da	2. [11 - 20]
3. increased	3. Stratum III, (50.01-100.00) da	3. [21-30]
	4. Stratum IV, (100.00 +) da	4. {31+]

Figure 1. Relationship between strata, years of experience and mean annual temperature.

Şekil 1. Tabakalar, deneyim yılları ve ortalama yıllık sıcaklık arasındaki ilişki.

The perceptions of producers regarding future climate variables (next ten years) were assessed using a three-level Likert scale (1. decrease, 2. no change, 3. increase). Producers believe that in the next decade, there will be an increase in annual average temperature (93.1%) and drought (86.2%). Similarly, they anticipate increases in irregular rainfall (76.7%), frost (64.9%), and hot winds (63.8%). However, producers

also expect a decrease in annual average precipitation (94.8%) and in available water resources (87.1%) over the next decade. These findings highlight the importance of planning and adaptation to overcome potential challenges of climate change in the agricultural sector of Yalvaç district. According to Zhang et al. (2020), producers are in consensus about the future impact of climate change on their regions.

A five-level Likert scale (1. strongly disagree, 2. disagree, 3. neutral, 4. agree, 5. strongly agree) was used to measure producers' perceptions of climate change adaptation. According to the results, 97% of the surveyed producers agree that climate is changing; 98% agree that temperature and drought are increasing due to climate change; approximately 98% agree that rainfall is decreasing or becoming irregular because of climate change. Additionally, 97% of producers agree that climate change affects agricultural activities. For instance, 87% believe that declines in wheat and barley yields are linked to the effects of climate change, while those who remain neutral attribute yield declines to economic crises and high input costs. Therefore, 87% of producers associate high agricultural production costs with the effects of climate change, which in turn has led to increased food prices. Consequently, 83% of producers strongly agree that adjusting wheat or barley planting dates to later in the season is necessary to mitigate the impacts of climate change, which would consequently shift harvest dates. More than 40% of producers strongly agree that transitioning to dry farming, with lower water usage, is necessary due to water scarcity, although approximately 28% are undecided about transitioning to dry farming. Moreover, 80% of producers attribute plant diseases, pests, ecosystem degradation, and soil fertility decline to the effects of climate change. Producers also strongly agree (82%) that increased frost duration is due to climate change. About 65% of respondents remained neutral when asked if irrigation periods or amounts had changed, likely because a majority do not irrigate wheat or barley. Additionally, over 90% of producers agree that climate change affects agriculture, and 83% believe that adopting adaptation measures can reduce its effects. However, producers acknowledge the limitations of human capacity alone in coping with the impacts of climate change, given the high costs associated with managing these effects. Furthermore, 80% of producers agree that their knowledge about climate change is limited. According to Zhang et al. (2020), 97% of producers believe that climate change affects agricultural activities, and 79% attribute declines in crop and livestock yields to climate change. In China, 74% of producers believe that increases in production costs are due to climate change, and 87% believe that appropriate measures must be taken to combat the effects of climate change. In the Wushen Banner region of China, 79% of surveyed producers believe that the cost of adapting to climate change is high, and 65% believe that human capacity is limited in addressing the effects of climate change. Similarly, 80% of respondents in the survey by Zhang et al. (2020), believe that the costs of implementing adaptation measures are high. According to TOB (2021), 90% of respondents in a survey believe that climate change will be a significant issue for agricultural production. The majority (83%) believe that measures to prevent climate change will be effective.

Measures and behaviors of producers against the effects of climate change

Table 4 presents the reasons why producers change their planting schedules. Subsequently, Table 5 illustrates different periods when planting activities were conducted between 2012 and 2022.

According to Tables 4 & 5, in response to the impacts of climate change, 83% of the surveyed producers reported changing the date of soil plowing in the fall. This adjustment is attributed to various reasons, such as the delayed onset of fall rains (41.7%) and changes in rainfall patterns (30.2%). In 2012, the majority of producers (85%) conducted soil plowing in October. However, due to the effects of climate change, 76% of producers carried out fall plowing in November in 2022, despite using the same cultivation techniques. Thus, over ten years, the date for fall soil plowing in most farms in Yalvaç shifted by one month, from October to November. This shift from October to November reflects a strategic adaptation by producers to account for changing rainfall patterns and the delayed arrival of fall rains. These adjustments in the timing of agricultural activities highlight the flexibility of producers in adapting to changing climate conditions, which is necessary to optimize yields and maintain the viability of their operations in the face of climate challenges. According to the chi-square test results, there is a significant relationship between the annual average fall rainfall and the producers' decision to change the date of soil plowing in the fall ($\chi^2=9.77$; $p=0.02$). This

analysis indicates that annual average fall rainfall has a statistically significant effect on the producers' preference to change the soil plowing date.

Table 4. Various practices of producers in wheat and barley production in relation to climate change and their reasons

Çizelge 4. Üreticilerin iklim değişikliğiyle ilgili olarak buğday ve arpa üretiminde çeşitli uygulamaları ve nedenleri

	Number	%
Date of soil plowing in the fall		
Changed	96	82.8
Unchanged	20	17.2
Total	116	100
Why has it changed?		
Climatic shift and change in rainfall regime	29	30.2
Late arrival of fall rains	40	41.7
Drought	27	28.1
Total	96	100
Base Fertilization time		
Changed	97	83.6
Unchanged	19	16.4
Total	116	100
Why has it changed?		
Delaying sowing	7	7.2
Climatic shift and change in rainfall regime	27	27.8
Late arrival of rainfall	37	38.1
Drought	26	26.8
Total	97	100
Sowing date		
Changed	103	88.8
Unchanged	13	11.2
Total	116	100
Why has it changed?		
Climatic shift and change in rainfall regime	25	24.3
Late arrival of fall rains	47	45.6
Drought	31	30.1
Total	103	100
Surface fertilization		
Changed	85	73.3
Unchanged	31	26.7
Total	116	100
Why has it changed?		
Climatic shift and rainfall regime change	28	32.9
Irregular spring rainfall	11	12.9
Drought, no rainfall	46	54.1
Total	85	100
Changes in spraying		
Changed	68	58.6
Unchanged	45	38.8
No spraying	3	2.6
Total	116	100
Why has it changed?		
Climatic shift, rainfall regime change, irregularity in rainfall	28	41.2
Drought	40	58.8
Total	68	100
Harvest time		
Changed	80	69
Unchanged	36	31
Total	116	100
Why has it changed?		
Harvest time varies according to temperature	15	18.8
Climatic shift and rainfall regime change	41	51.2
Drought	24	30.0
Total	80	100

Table 5. Changes in producers' practices in wheat and barley production in 2012-2022**Çizelge 5.** Üreticilerin buğday ve arpa üretiminde 2012-2022 yıllarındaki uygulamalarındaki değişiklikler

Date of soil plowing in the fall								
	Date of soil plowing in the fall 2022			Date of soil plowing in the fall 2012				
	September	October	November	September	October	November		
Number	1	26	89	16	99	1		
%	0.9	22.4	76.7	13.8	85.3	0.9		
Base Fertilization time								
	Base Fertilization time 2022			Base Fertilization time 2012				
	October	November	December	September	October	November6		
Number	20	95	1	9	100	7		
%	17.2	81.9	0.9	7.8	86.2	6		
Sowing date								
	Sowing date 2022			Sowing date 2012				
	October	November	December	September	October	November		
Number	18	93	5	10	100	6		
%	15.5	80.2	4.3	8.6	86.2	5.2		
Surface fertilization								
	Surface fertilization 2022				Surface fertilization 2012			
	January	February	March	April	February	March	April	
Number	1	4	21	90	2	23	91	
%	0,9	3,4	18,1	77,6	1,7	19,8	78,4	
Changes in spraying								
	Change in spraying 2022				Change in spraying 2012			
	January	March	April	May	February	March	April	May
Number	2	4	100	7	2	6	100	5
%	1.8	3.5	88.5	6.2	1.8	5.3	88.5	4.4
Harvest time								
	Harvest time 2022				Harvest time 2012			
	July	August			June	July		
Number	111	5			15	101		
%	95.7	4.3			12.9	87.1		

This finding underscores the direct impact of rainfall conditions on producers' operational decisions. Facing increasingly unpredictable weather conditions, producers may need to adjust their plowing practices based on changes in fall rainfall. The timing of basal fertilization was changed by 84% of the surveyed producers. The reasons for this change include delayed rains (38.1%), changing rain seasons (27.8%), and drought (26.8%). In 2012, 86% of producers applied basal fertilizer in October. By contrast, in 2022, the same producers performed basal fertilization in November. This change in practice indicates that producers are attempting to minimize the negative impact of changing climate conditions on wheat/barley production and optimize the use of available resources. According to the chi-square test, there is a significant relationship between changes in the annual average spring rainfall and the timing of basal fertilizer application ($\chi^2 = 5.15$; $p = 0.02$). This finding shows that changes in the annual average spring rainfall have a statistically significant effect on the timing of basal fertilizer application. This illustrates that for sustainable agriculture, producers are making changes in their agricultural practices to adapt to climate changes. Producers (89%) changed their sowing dates between 2012 and 2022 due to the delayed onset of fall rains (45.6%), drought (30.1%), and changes in rainfall patterns (24.3%). Therefore, in 2012, most farms (86%) sowed wheat or barley in October. However, by 2022, due to the effects of climate change, the majority of producers (80%) sowed wheat or barley in November. Like the fall soil plowing date, the effects of climate change have caused a one-month shift in wheat or barley sowing activities. The shift of sowing activities from October to November represents a strategic adaptation aimed at optimizing crop growing conditions in light of new climatic realities. According to the chi-square test results, there is a significant relationship between changes in the annual average spring rainfall and the producers' decision to change the wheat/barley sowing date ($\chi^2 = 7.99$; $p = 0.005$). Adjusting the sowing date in response to changes in spring rainfall demonstrates the producers' sensitivity to specific weather conditions affecting the germination, growth, and development of wheat and barley. By adjusting the sowing time, producers aim to minimize risks associated with unpredictable weather conditions while

maximizing the use of available resources. Surface fertilization is applied as early as possible during the tillering stage of wheat or barley. 73% of producers have changed their Surface fertilization dates. The primary reasons for this change between 2012 and 2022 are drought and reduced rainfall (54.1%), as well as climatic shifts and changes in rainfall patterns (33%). In both 2012 and 2022, the majority of producers (78%) applied Surface fertilization in April. However, in 2012, Surface fertilization was applied at the beginning of April, while in 2022, this application took place towards the end of April. This monthly shift demonstrates a strategic adaptation to optimize the efficiency of surface fertilization under changing weather conditions. Thus, producers exhibit the ability to take flexible measures and optimize agricultural practices to maintain productivity under variable weather conditions. According to the chi-square test results, there is a significant relationship between windy days and the application of Surface fertilization by wheat/barley producers ($\chi^2 = 6.74$; $p = 0.03$). This significant relationship indicates that weather conditions, particularly wind, impact agricultural practices related to fertilization. Producers adjust their fertilization methods to windy conditions to minimize losses and maximize input efficiency. Strong winds can cause uneven distribution of fertilizers, affecting the uniform distribution of nutrients in the soil. Spraying dates were changed by 58% of the surveyed producers. About 2.6% of the surveyed producers indicated that they did not perform any spraying. The reasons given for changing spraying dates included drought, insufficient and irregular rainfall. In both 2012 and 2022, the majority of producers carried out spraying activities in April. Between 2012 and 2022, 69% of producers changed their wheat or barley harvest dates. The main reasons for this change in harvest dates were changes in rainfall patterns (51.2%) and drought (30%). In 2012, wheat or barley harvest began in June and ended in July. However, in 2022, the harvest began in late July and ended in August. This adaptation likely aims to optimize crop quality and yield despite the challenges posed by climate change. According to the chi-square test results, there is a significant relationship between annual average temperature changes and changes in wheat/barley harvest dates ($\chi^2 = 6.60$; $p = 0.03$). This indicates that annual average temperature changes influence producers' decisions to change harvest dates. Overall, annual average temperature changes have a direct impact on producers' preferences regarding the timing of wheat or barley harvests. 20% of surveyed producers reported knowing measures to counteract the adverse effects of climate change but not implementing them. Irrigation, cover crops, mulching, and early warning systems are the main measures producers are aware of but do not practice. 61% of producers cited the high costs of purchasing and installing equipment as the reason for not taking measures to combat the effects of climate change. Thus, there is a need for financially accessible solutions to encourage the adoption of adaptation measures. Other barriers to implementing precautionary measures against the effects of climate change, as cited by producers, include insufficient water resources and lack of land ownership (Table 6).

Table 6. Adaptation measures known to producers

Çizelge 6. Üreticiler tarafından bilinen uyum önlemleri

	Number	%
Knowing but not practicing	23	19.8
Does not know	93	80.2
Total	116	100
If they are aware, what are they?		
	Number	%
Irrigation	10	43.5
Early warning systems	3	13.0
Cover crops and mulching	4	17.4
Insurance	1	4.3
Irrigation and other (roof, green manure etc.)	5	21.7
Total	23	100
(If you are aware, why haven't you implemented them?)		
	Number	%
Water shortage	4	17.4
Cost, mistrust of insurance	16	69.6
Not his own land	3	13.0
Total	23	100.0

CONCLUSION

In recent years, climate changes have negatively impacted the agricultural sector in various regions of Türkiye, particularly in the Yalvaç district. Wheat and barley producers in this district are acutely aware of the climate shifts and are experiencing the effects intensely. The most notable perceptions are the decrease in precipitation and the increase in temperatures in recent years. Producers have attributed the decline in wheat and barley yields to drought, lack of rainfall, frost, and rising temperatures. To continue producing wheat and barley and to ensure sustainable agriculture, producers have adopted a series of measures to adapt to the impacts of climate change. These measures include changes in sowing dates, fertilization, and harvesting. There is a need for the support of Provincial/District Agriculture Directorates to address the producers' knowledge gaps and assist them in adapting to climate change. These directorates should plan and implement new training and extension programs aimed at enhancing the capacity and resilience of producers to adapt to climate change, in collaboration with local stakeholders. Efforts should focus on disseminating best practices and successful applications, addressing emerging issues during adaptation, and providing education and extension activities in these areas. Organize participatory training workshops where producers can share their experiences and learn from one another about the impacts of climate change. These workshops should include testimonies from producers who have successfully implemented adaptation measures. Establish demonstration plots where producers can observe the positive effects of climate-adapted agricultural practices, such as the use of resistant crop varieties or water management techniques, in real-time. Collaborate with local radio stations, newspapers, and other community media to regularly disseminate information about climate change and its impact on agriculture. Working with research institutes and climate change experts to plan and implement region-specific and locally tailored special training programs will also provide significant benefits. Research and development efforts on climate-resilient varieties should be accelerated. These programs can be tailored to the specific needs of producers and cover topics such as best sustainable agricultural practices, water management, energy-efficient irrigation techniques, and other climate adaptation strategies. Such extension activities will enable producers to continue producing wheat and barley amid climatic changes and ensure the sustainability of agriculture. The government should take the necessary measures and accelerate new incentive and support policies regarding financial assistance.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: KRG, HÇA; sample collection: KRG; analysis and interpretation of data: KRG; statistical analysis: KRG; visualization: KRG, HÇA; writing manuscript: KRG, HÇA.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Statement

This research was approved by the ethics committee of Isparta University of Applied Sciences with document number E.62155, dated 10.24.2022.

Financial Support

The authors declared that they received no financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Dr. H. Ece SALALI.

REFERENCES

- Abid, M., J. Scheffran, U.A. Schneider & M. Ashfaq, 2015. Farmers' perceptions of and adaptation strategies to climate change and their determinants: the case of Punjab province, Pakistan. *Earth System Dynamics Discussions*, 6: 225-243. <https://doi.org/10.5194/esd-6-225-2015>.
- Akyüz, Y. & E. Atış, 2022. Üreticilerin iklim değişikliğine uyum çerçevesinde çevresel tutumlarının belirlenmesi: Küçük Menderes havzası örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59 (3): 557-566. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1063327>.
- Arimi, K., M.F. Kolayemi, O. Fatufe & A.T. Joshua, 2020. Cowpea farmers' vulnerability and adaptation to climate change in Iddo local government area of Oyo State, Nigeria. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Science*, 30 (3): 601-610.
- Assi, Y.F., 2022. Impact du changement climatique sur la production du riz dans les différentes régions de Côte d'Ivoire : cas du Haut Sassandra, de Gôh, de Poro, de Tonkpi, de Gbêkê et de N'zi. *European Scientific Journal*, 10: 697-708. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2022.p697>.
- Batungwanayo, P., V. Habarugira, M. Vanclooster, J. Ndimubandi, A.F. Koropitan & J-D. Nkurunziza, 2023. Confronting climate change and livelihood: smallholder farmers' perceptions and adaptation strategies in northeastern Burundi. *Regional Environmental Change*, 23 (47): 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-02018-7>.
- Bolat, Y. & M. Bakirci, 2022. Erbaa Ovasında (Tokat) Tarımsal üreticilerin iklim değişikliğine yönelik bilgi ve algı düzeylerinin belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 27 (48): 37-48.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020. Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları. Ankara, Türkiye.
- Chukwu, V.A., O.O., Osuafor, I. Ukwuaba, J. Enyigwe & P. Chinenye Chinaza, 2023. Farmers' adaptation strategies to the effect of climate variation on yam production in Ebonyi State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Crops*, 9 (2): 240-249. <https://doi.org/10.32861/jac.92.240.249>.
- Çiçek, A. & O. Erkan, 1996. Tarım Ekonomisinden Araştırma ve Örnekleme Yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 12: 118 s.
- Djellouli, F., A. Bouanani & K. Baba-Hamed, 2019. Caractérisation de la sécheresse et du comportement hydrologique au niveau du bassin versant de l'oued Louza (Algérie occidentale). *Techniques Sciences Méthodes*, (6): 23-30. <https://doi.org/10.1051/tsm/201906023>.
- Doğan, H.G. & G. Karakaş, 2018. The effect of climatic factors on wheat yield in Turkey: a Panel Dols Approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (6): 41624168. <https://hdl.handle.net/20.500.12513/4067>.
- Fujisawa, M., K. Kobayashi, P. Johnston & M.G. New, 2015. What drives farmers to make top-down or bottom-up adaptation to climate change and fluctuations? A comparative study on 3 cases of apple farming in Japan and South Africa. *PLoS ONE*, 10 (3): e0120563. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120563>.
- Geren, R.Ü.H. & H. Geren, 2008. Ege Bölgesi sahil kuşağında buğday verimini etkileyen iklim faktörleri ve çeşitlerin adaptasyonları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18 (2): 1-10. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/anadolu/issue/1765/21757>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2022. "Annex II: Glossary, 2897-2930". In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama). Cambridge, 3068 pp.
- Karakaş, G., 2022. Determination of climate change adaptation behavior of wheat producing farmers; the case of Çorum Province in Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10 (8): 1459-1467. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i8.1459-1467.5337>.
- Kaya, Y., 2021. Winter wheat adaptation to climate change in Turkey. *Agronomy*, 11 (4): 689. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040689>.
- Kızmaz, Z., 2020. İklim değişikliğinin kırsal alandaki etkisi ve alternatif arayışlar: sosyolojik bir yaklaşım. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31 (1): 431-453. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.827702>.
- Korkmaz, M. & H. Şahin, 2023. İklim değişikliği endişesini etkileyen faktörler: Mersin iline yönelik bir araştırma. *Turkish Journal of Forest Science*, 7 (2): 210-222. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1333268>.

- Korres, N.E., J.K. Norsworthy, N.R. Burgos, & D.M. Oosterhuis, 2017. Temperature and drought impacts on rice production: An agronomic perspective regarding short- and long-term adaptation measures. *Water Resources and Rural Development*, 9: 1227. <https://doi.org/10.1016/j.wrr.2016.10.001>.
- Krishnan, P., B. Ramakrishnan, K.R. Reddy & V.R. Reddy, 2011. High-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. *Advances in Agronomy*, 111: 87-206. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387689-8.00004-7>.
- Kumar, S. & B.K. Sidana, 2018. Farmers' perceptions and adaptation strategies to climate change in Punjab agriculture. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88 (10): 1573-1581.
- Naseri, Z., 2015. Uşak İlinde Kuru Koşullarda Buğday Üretimi Yapan Üreticilerin Olası Kuraklık Sigortasını Benimsemesinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, (Unpublished) MSc Thesis, Uşak, 189 s.
- Polat, K. & İ. Dellal, 2016. Ramsar alanlarda iyi tarım uygulamaları yapan üreticilerin iklim değişikliği algısı: Göksu Deltası örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2 (1): 51-62.
- Shahbaz, P., 2018. Factors Affecting Farmers' Adaptation Strategies to Climate Change in Central Punjab, Pakistan. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Unpublished) MSc Thesis, Samsun, 92 pp.
- Süner, A. & C.C. Çelikoğlu, 2010. Toplum tabanlı bir çalışmada çoklu uygunluk analizi ve kümeleme analizi ile sağlık kurumu seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25 (2): 43-55.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı), 2021. İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Çankaya, Ankara-Türkiye, 114 s.
- Tokgöz, M., 2022. Sakarya İli Adapazari İlçesi Merkez ve Köylerindeki Sığircilik İşletmelerinde Buzağı Yetiştiriciliği, Beslenmesi ve Sorunlarının İşletme Büyüklüğü Açısından İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Unpublished) MSc Thesis, Sakarya, 120 pp.
- Tsuji, H. & U. Gültekin, 2018. "An Econometric and Agro-meteorological Study on Rain-fed Wheat and Barley in Turkey Under Climate Change, 343-374". In: *Climate Change Impacts on Basin Agro-ecosystems. The Anthropocene: Politik Economics Society Science* (Eds. T. Watanabe, S. Kapur, M. Aydın, R. Kanber & E. Akça). Springer, Cham, Gewerbestrasse, Switzerland, 433 pp.
- TÜİK, 2023. Tarımsal İstatistik Verileri. (Web page: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarım-111>) (Date accessed: March 2023).
- Yamane, T., 2018. Temel Örneklem Yöntemleri. (III. Basım) Literatür Yayıncılık. İstanbul. Türkiye, 509 s.
- Yang, Y., J. Yu, Q. Qian & L. Shang, 2022. Enhancement of heat and drought stress tolerance in rice by genetic manipulation: A systematic review. *Rice*, 15. <https://doi.org/10.1186/s12284-022-00614-z>.
- Yüzbaşıoğlu, R., 2019. Tokat İli merkez ilçe kırsalında üreticilerin toprak analizi yaptırma eğilimleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (1): 163-169.
- Zhang, C., J. Jin, F. Kuang, J. Ning, X. Wan & T. Guan, 2020. Farmers' perceptions of climate change and adaptation behavior in Wushen Banner, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 26484-26494. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09048-w>.



Research Article (Araştırma Makalesi)

İrfan ERDEMCI^{1*}

Medeni YAŞAR¹

Murat KOÇ¹

¹ GAP International Agricultural Research and Training Center, 21200 Sur, Diyarbakır, Turkey

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

irfan_erdemci72@hotmail.com

Keywords: Chickpea, planting density, planting method, ridge planting, yield

Anahtar sözcükler: Nohut, ekim sıklığı, ekim yöntemi, sırta ekim, verim

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):77-86

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1491122>

Effects of conventional and ridge planting methods at different plant densities on yield and yield components in chickpea

Nohutta farklı bitki sıklıklarında konvansiyonel ve sırta ekim yönteminin verim ve verim bileşenleri üzerine etkisi

Received (Alınış): 28.05.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.11.2024

ABSTRACT

Objective: This study was carried out to determine the applicability of the ridge sowing method and the appropriate sowing density for chickpeas on existing ridges after cotton under rain-dependent conditions.

Material and Methods: The trials were carried out at split randomized block design with three replications. Two planting methods (ridge planting and conventional planting), and five planting density (30, 35, 40, 45 and 50 seed per square meter) were discussed as application issues.

Results: It was determined that ridge planting method was better than conventional planting method in terms of investigated characters as days to 50% flowering, days to maturity, plant height, first pod height, primary branches plant-1 and anthracnose disease value in the study. It was seen that seed yields were affected less from environmental climate changes for ridge planting method, and anthracnose disease value occurred at lower ratio compared to conventional planting. It was determined that the convenient planting density of chickpea was 40 seed per square meter for conventional planting and 45 seed for ridge planting in the economic analysis.

Conclusion: The average yield of the conventional planting method after cotton using the appropriate planting density (2081.7 kg ha⁻¹) was found to be 6.2% higher than the yield of the ridge planting method (1960.0 kg ha⁻¹). However, in the economic analysis, it was determined that ridge planting was 9.2% more profitable than the conventional planting method in terms of net income.

ÖZ

Amaç: Bu çalışma yağışa dayalı koşullarda pamuk sonrası mevcut sırtlara nohutta doğrudan ekim yönteminin uygulanabilirliği ve uygun ekim sıklığının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Metot: Tarla denemeleri tesadüf bloklarında bölünmüş deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Uygulama konuları olarak iki ekim yöntemi (sırta ve konvansiyonel ekim) ve beş ekim sıklığı (metrekareye 30, 35, 40, 45 ve 50 tohum) ele alınmıştır.

Bulgular: Araştırmada %50 çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı, olgunlaşma gün sayısı, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide ana dal sayısı ve antraknoz hastalık değeri açısından sırta direk ekim yönteminin geleneksel ekim yöntemine göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Doğrudan sırta ekim yönteminde tohum veriminin çevresel iklim değişikliklerinden daha az etkilendiği ve geleneksel ekime göre antraknoz hastalık çıkışının daha düşük oranda olduğu görülmüştür. Yapılan ekonomik analizde geleneksel ekim için metrekareye 40 tohum yeterli olurken, doğrudan sırta ekimde 45 tohumun yeterli olduğu ortaya konulmuştur.

Sonuç: Sonuç olarak, nohutta uygun ekim sıklığı kullanılarak pamuk sonrası geleneksel ekim yöntemin ortalama verimi (2081.7 kg ha⁻¹) sırta ekim yöntemi veriminden (1960.0 kg ha⁻¹) %6.2 daha yüksek bulunurken, yapılan ekonomik analizde net kazanç bakımından ise sırta ekiminin geleneksel ekim yöntemine göre %9,2 daha karlı olduğu belirlenmiştir.

INTRODUCTION

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the first plants that are cultivated in the world. Gene center is East Mediterranean Region which Türkiye also has taken part in (Akçin, 1988). Chickpea is ranked at second after bean among legumes that are produced in the world, and also ranked as the second with 480.000-ton production in Türkiye (FAOSTAT, 2022). Chickpea has a significant role for human nutrition because chickpea seeds include high protein ratio (15-32%), and high carbohydrate ratio (50-74%), and are rich in terms of P, Ca, Fe minerals, and vitamins such as A, B, and niacin (Jukanti et al., 2012). Besides, chickpea's value increases in more and more nowadays because it has a character that it can fix air's free nitrogen such as other legumes, and it increases the significance of environmental and sustainable agriculture.

Besides using natural sources as effective and efficient, applying techniques which can help to develop people who produce in terms of socio-economically, are obligatory for the sustainability of agricultural production. Southeastern Anatolia Region is a region where has a high production potential, various products can be cultivated in terms of ecological conditions. In the region, cotton-legumes (lentil and chickpea) or corn-legumes rotation system have appeared gradually instead of wheat-cotton, and wheat-corn rotation system at irrigable fields in terms of protecting agricultural soils and natural balance. Harvesting of cotton and corn cultivated as a second crop in the region, and falling rain at autumn early, or region's climate continues to be arid can hinder preparation of convenient seed bed for lentil and winter chickpea and planting timely for some years. Because of that, reduced tillage and applying ridge planting methods has become prominence for crops that have taken at planting alternation day by day.

According to the conducted study results, when production systems were compared yield obtained from ridge planting remained at the same rate or increased a little with respect to conventional tillage (Aykas et al., 2010). As a result of this, production costs are saved up largely for ridge planting (Yalçın et al., 1997). Besides, soil erosion decreases, water loses occurred from soil surface with evaporation decrease, and soil characteristics improve (Yuan et al., 2009). In Türkiye, studies related with ridge planting applications have been carried out for ten years. Generally, these studies are related with irrigated farming. There are not enough ridge planting studies related with dry farming and legume cultivation. In contrast to traditional agriculture, ridge planting method is a method of planting seeds directly into uncultivated soil with special teams and equipment, leaving the post-harvest residues of other plants as cover in the field without cultivating the soil. Thanks to this method, the risk of erosion is reduced, the soil does not lose moisture, time saving increases and carbon emissions are reduced. Thus it is a sustainable agriculture method. Planting density, as in other plant species, is one of the important environmental factors affecting the yield potential in chickpea. For this reason, the most suitable planting density should be determined in order to obtain maximum yield in different planting methods.

This study aimed to determine the applicability of ridge planting method for chickpea and the most convenient planting norm for ridge planting at chickpea planting rotation after cotton under Southeastern Anatolian Region.

MATERIALS and METHODS

Experiment conditions

The field experiments were conducted during 3 consecutive growing seasons (2010–2011, 2011–2012 and 2012–2013) at the GAP International Agricultural Research and Training Center, Diyarbakır under natural rainfall conditions. The soil of experiment field is clayed-loamy, medium-saline in terms of total saline value (0.400%), its organic substance is little (1.66), it has strong alkaline (pH:8.07) in terms of soil reaction, is calcareous at medium level (7.93%), has little phosphorus (33.8 kg ha⁻¹) that is efficient and can be used from the plant. Diyarbakır where the experiment was conducted has continental climate. It is quite hot and dry in summer and cold, little rainy in winter. While the temperature averages of Diyarbakır

for chickpea vegetation period were 13.9, 14.9 and 20.0°C, rainfall were 550.6, 405.1 and 680.6 mm respectively in the experiment years (Table 1).

Experimental Design

Diyar 95 chickpea variety was used as a material. The field trial was carried out at split randomized block design with three replications. Two planting methods (ridge planting and conventional planting) and five different planting density (30, 35, 40, 45 and 50 seed m⁻²) were tested as application issues. Planting method was placed in main plots, planting densities were placed in sub-plots. For ridge planting; after cotton harvest, cotton straws were cut up with stalk cutter and two rows (inter-row was 15 cm) were cultivated with modified sowing machine at the top of the ridges which were grown cotton at present 70 cm range. For conventional planting; after cotton was harvested, and soil was cultivated with plough + cultivator + dredge cultivation was applied in 8 cm depth with plot sowing machine and interrow was 30 cm. Sowings were made at the first week of November for all three years. Average 40 kg N and 60 kg P₂O₅ used per hectare with sowing in the study. Experiments' harvest was applied with experiment plot combine harvester at the last week of June. In the study, days to 50% flowering, days to maturity, plant height, first pod height, primary branches plant⁻¹, pods plant⁻¹, seeds plant⁻¹, 100 seed weight, seed yield, anthracnose disease value observations were taken.

Table 1. Climatic data of research area (Anonymous, 2013)

Çizelge 1. Araştırma yerine ilişkin iklim verileri (Anonymous, 2013)

Meteorological parameters	Year	Months								
		October	November	December	January	February	March	April	May	June
Mean temperature (°C)	2010/11	26.9	18.1	11.2	6.6	3.5	4.7	9.0	12.9	17.6
	2011/12	25.0	16.4	6.4	2.3	2.4	2.0	5.2	15.2	19.6
	2012/13	26.1	18.5	12.0	5.1	2.7	6.1	9.5	14.5	19.0
	LT	24.9	17.2	8.9	3.7	1.6	3.5	8.3	13.7	19.1
Total rainfall (mm)	2010/11	0.4	63.0	0.0	48.0	40.0	49.9	46.6	209.0	80.1
	2011/12	9.2	11.8	73.0	40.2	78.3	74.4	44.0	26.2	41.0
	2012/13	1.8	107.4	83.2	160.8	82.2	85.2	19.8	39.4	98.0
	LT	4.2	33.6	54.1	72.1	64.0	72.7	69.5	62.8	40.1
The average relative humidity (%)	2010/11	27.7	56.1	40.5	68.5	73.1	69.1	56.1	75.6	67.8
	2011/12	30.4	41.5	58.5	73.9	84.5	68.2	58.6	58.4	58.2
	2012/13	23.3	55.1	77.3	85.4	83.8	82.3	62.7	63.6	61.7
	LT	31.0	48.0	68.0	77.0	77.0	73.0	66.0	63.0	56.0

LT: long term (1991-2020).

Statistical analysis

Bartlett's χ^2 test was used to verify homogeneity of error variance in the combined analysis. Since the variances of the three years' data were homogeneous, a combined analysis was performed on the data. The results obtained from the study, which was conducted with three replications according to the split parcel experimental design in randomized blocks, were subjected to analysis of variance with the JMP 13.2.0 statistical package, and groupings between the subjects were made according to the LSD test (Little & Hills, 1978; Yurtsever, 1984; Düzgüneş et al., 1987).

RESULTS and DISCUSSION

Days to 50% flowering and maturity

In the variance analysis that was applied for days to maturity, and days to 50% flowering, while planting method, planting density, and year factor were found significant as $P < 0.01$ for both characteristics,

and year*planting interaction was found significant as $P < 0.01$ for only days to maturity, other interactions effects were found non-significant (Table 2). Year was found as significant statistically in terms of days to maturity and flowering time. The average values of planting method, planting density, and year*planting method interaction were grouped as at 1% level and they were given at Table 3.

Table 2. ANOVA results of yield and yield components of chickpea grown under different planting methods and planting densities

Çizelge 2. Farklı ekim yöntemi ve ekim sıklıklarında yetiştirilen nohutta verim ve verim komponentlerine ait varyans analiz sonuçları

Source of Variance	DF	Mean Square (MS)								
		FN	DM	PH	FPH	BN	PN	SN	100- SW	SY
Y	2	2869.2**	219.5**	104.3**	121.6**	0.44**	274.2**	231.8**	141.24**	26446.6**
R (Y)	6	0.17	0.61	9.24	2.7	0.01	11.6	8.43	1.69	219.7
M	1	102.4**	96.1**	872.2**	892.4**	0.45**	28.2*	26.2*	0.82ns	3317.5**
Y × M	2	0.10ns	0.6**	84.07*	134.1*	0.13*	475.5**	504.4**	0.34ns	27948.1**
Error1	6	0.17	0.06	12.11	2.97	0.02	2.26	2.79	0.17	147.1
D	4	3.2**	3.1**	4.51ns	0.61ns	0.04ns	27.2**	18.09**	0.25ns	4497.6**
Y × D	8	0.70 ^{ns}	0.64 ^{ns}	5.92 ^{ns}	4.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.5 ^{ns}	1.98 ^{ns}	0.51 ^{ns}	215.2 ^{ns}
M × D	4	0.18 ^{ns}	0.13 ^{ns}	2.51 ^{ns}	3.21 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.5 ^{ns}	6.41 ^{ns}	0.08 ^{ns}	286.5 ^{ns}
Y × M × D	8	0.09 ^{ns}	0.16 ^{ns}	4.00 ^{ns}	2.13 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.99 ^{ns}	3.25 ^{ns}	0.10 ^{ns}	94.0 ^{ns}
Error 2	48	0.38	0.49	6.27	2.31	0.19	2.1	2.89	0.32	184.3
General	89									
CV (%)		1.1	1.0	4.1	4.7	4.9	5.4	5.9	1.4	6.7

*: 0.05, **: 0.01 Significant; ns: non-significant

Y: Year; M: Planting methods; D: Plant Density; Y × M: Year and Planting Method interaction; Y × D: Year and Plant Density interaction; M × D: Planting method × Plant Density interaction; Y × M × D: Year, Planting method and Plant Density interaction DF: Degree of freedom; CV: Coefficient of variation; FN: days to 50% flowering; DM: days to maturity; PH: Plant height (cm); FPH: first pod height (cm); BN: primary branches plant⁻¹; PN: pods plant⁻¹; SN: seeds plant⁻¹; 100-SW: 100 seed weight; SY: seed yield ha⁻¹.

When Table 3 was examined the shortest flowering (112.3 days) was found in 2012 by years, the shortest days to maturity (180.8 days) was found in 2013, the longest flowering (131.8 days) and days to maturity (185.8 days) were found in 2011. The shortest flowering (120.5 days) and days to maturity (181.7 days) were obtained for ridge planting method. It was thought that the earliness of ridge planting method stemmed from earlier planting appearance, airing better plant's root zone at rainy periods and fast plant developing. Average days to maturity changed between 179.6 and 186.9 days for year*planting method interaction which was found significant statistically in terms of days to maturity. While the earliest days to maturity was determined for ridge planting method in 2013 as 179.6 days, the latest days to maturity was determined for conventional planting method in 2011 as 186.9 days. It was thought that this difference between days to maturity resulted from temperature and moisture ratios on May and June in the years in which the study was conducted. Van Der Maesen (1972) reported that air humidity has an effect on chickpea's flowering, and flowering late at the high ratio of moisture. It was seen that average days to 50% flowering changed between 120.1 and 122.1 days, days to maturity changed between 182.1 and 183.2 days. As plant number increases per square meter, days to maturity and days to 50% flowering increase too. The highest values for both characteristics were determined for 45 seed m⁻² planting density, the lowest ratios were determined for 30 seed m⁻² planting density. Similar to our findings some researchers reported that when plant number increases per square meter, maturation and flowering increase too (Pramanik et al., 1990; Yiğitoğlu, 2006).

Table 3. Effect of different planting method and planting density on agronomic parameters of chickpea**Çizelge 3.** Farklı ekim yöntemi ve ekim sıklığının nohutun agronomik parametrelerine etkisi

Factor	Characteristics			
Year (Y)	FN	DM	PH	FPH
2011	131.8±0.21 ^a	185.8±0.19 ^a	59.6±1.08 ^b	34.0±1.09 ^a
2012	112.3±0.25 ^c	181.6±0.26 ^b	59.0±0.56 ^b	29.9±0.46 ^c
2013	120.7±4.53 ^b	180.8±4.53 ^c	62.5±0.56 ^a	31.8 ±0.40 ^b
Planting method (PM)				
Conventional Planting (CP)	122.7±1.21 ^a	183.7±0.35 ^a	57.2±0.50 ^b	28.7 ±0.26 ^b
Ridge planting (RP)	120.5±1.20 ^b	181.7±0.34 ^b	63.5±0.45 ^a	35.9 ±0.54 ^a
Plant Densities (D)				
30 seed m ⁻²	121.0±1.90 ^c	182.1±0.57 ^c	60.6±1.05	32.0±0.86
35 seed m ⁻²	121.6±1.92 ^b	182.7±0.57 ^b	60.6±1.08	32.2±1.08
40 seed m ⁻²	121.5±1.99 ^b	182.7±0.65 ^b	60.9±1.06	31.9±1.05
45 seed m ⁻²	122.1±1.95 ^a	183.2±0.57 ^a	60.3±1.08	32.0±1.01
50 seed m ⁻²	121.8±2.00 ^a	182.8±0.66 ^a	59.6±1.08	31.7±1.09
Year * Planting method				
2011 * CP	132.9±0.18	186.9±0.18 ^a	54.6±0.64 ^c	28.4 ±0.44 ^d
2012 * CP	113.3±0.15	182.4±0.15 ^c	56.5±0.93 ^c	27.7 ±0.56 ^d
2013 * CP	121.9±0.12	181.9±0.16 ^d	60.6±0.52 ^b	30.2 ±0.20 ^c
2011 * RP	130.7±0.15	184.7±0.15 ^b	64.6±0.39 ^a	39.5 ±0.33 ^a
2012 * RP	111.3±0.21	180.7±0.22 ^e	61.5±0.56 ^{ab}	32.2 ±0.43 ^b
2013 * RP	119.7±0.21	179.6±0.25 ^f	64.3±0.70 ^a	33.4 ±0.36 ^b

a,b,c Values within a column with different superscripts differ significantly at P<0.01, ; FN: days to 50% flowering; DM: days to maturity; PH: Plant height (cm); FPH: first pod height (cm); BN: primary branches plant⁻¹.

Plant height and first pod height

In the variance analysis applied for plant height and first pod height values, year and planting method were found significant at p<0.01 for both characteristics. But year*planting method interaction was effective at p<0.05 significance level, planting density and other interactions were not statistically significant (Table 2). Planting method that was found significant and the average values and comparisons of year and year*planting method interaction and planting densities were given at Table 3.

While the highest plant height (62.5 cm) was determined in 2013 year, the highest pod height (34.0) was determined in 2011 regarding years which were found statistically significant and grouped the discrepancies. When planting methods were compared in terms of plant height and first pod height, the highest plant height (63.5 cm) and first pod height (35.9 cm) was determined for ridge planting method. In 2011, the year*planting method interaction was determined. It was found that plant height affected less from changing climate factor for the ridge planting method, and average plant heights for ridge planting method for both three years were at the same group statistically (Table 5). Tisdall and Hodgson (1990) reported that ridge surfaces were provided a good airing, and because of that they did not prevent plant development.

Pod and seed number per plant

The variance analysis results which were applied on pod and seed number values per plant showing the effect of ridge planting method on chickpea seed yield are given in Table 2. The year, plant density and year*planting method interaction were found significant at P<0.01 and plant method was found significant at P<0.05. However, plant density and other interactions were found non-significant for two characteristics. The highest number of pods and seeds per plant were determined in 2012 year, and the lowest values were found in 2011 year in terms of years. Pod and seed number per plant obtained

from conventional planting method (27.5 pod and 29.2 seed) were higher than ridge planting method (26.4 pod and 28.1 seed) in terms of planting methods. Pod number per plant changed between 20.1 - 33.6 pods, seed number changed between 21.9 and 35.4 seeds for year*planting method interaction which was found statistically significant.

The highest values were found for conventional planting method in 2012, the lowest values were found conventional planting method in 2011 for two characteristics (Table 4). Hence, it was seen that chickpea's pod and seed number per plant were affected less from changing climate factors.

Table 4. Main effects of sowing method and sowing density on agricultural characteristics of chickpeas

Çizelge 4. Nohutta ekim yöntemi ve ekim sıklığının tarımsal özellikler üzerindeki ana etkileri

Factor	Characteristics				
Year (Y)	BN	PN	SN	100-SW	SY
2011	2.9 ± 0.01 ^a	23.5 ± 0.74 ^b	25.5 ± 0.78 ^c	40.8 ± 0.15 ^b	1691.6 ± 68.01 ^c
2012	2.8 ± 0.03 ^b	29.1 ± 0.88 ^a	30.8 ± 0.90 ^a	37.4 ± 0.08 ^c	2267.5 ± 45.35 ^a
2013	2.7 ± 0.09 ^c	28.3 ± 0.09 ^a	29.7 ± 0.09 ^b	41.4 ± 0.09 ^a	2103.2 ± 4.535 ^b
Planting method (PM)					
Conventional Planting (CP)	2.8 ± 0.02 ^b	27.5 ± 0.90 ^a	29.2 ± 0.90 ^a	40.0 ± 0.27	2081.7 ± 79.53 ^a
Ridge planting (RP)	2.9 ± 0.02 ^a	26.4 ± 0.31 ^b	28.1 ± 0.32 ^b	39.8 ± 0.28	1960.0 ± 28.60 ^b
Plant Densities (D)					
30 seed m ⁻²	2.9 ± 0.04	28.5 ± 1.23 ^a	29.7 ± 1.20 ^a	39.8 ± 0.47	1829.7 ± 82.43 ^c
35 seed m ⁻²	2.9 ± 0.04	27.5 ± 1.10 ^{ab}	29.3 ± 1.12 ^{ab}	39.9 ± 0.45	1880.4 ± 83.53 ^c
40 seed m ⁻²	2.9 ± 0.03	27.3 ± 1.06 ^{bc}	28.9 ± 1.08 ^{ab}	39.9 ± 0.48	2143.0 ± 91.02 ^{ab}
45 seed m ⁻²	2.8 ± 0.04	26.3 ± 0.94 ^c	28.3 ± 0.99 ^b	40.0 ± 0.43	2183.2 ± 96.49 ^a
50 seed m ⁻²	2.8 ± 0.04	25.3 ± 0.95 ^d	27.1 ± 0.94 ^c	39.8 ± 0.41	2067.6 ± 100.2 ^b
Year * Planting Method					
2011 * CP	2.9 ± 0.02 ^a	20.1 ± 0.61 ^e	21.9 ± 0.61 ^d	40.8 ± 0.19	1416.2 ± 44.36 ^d
2012 * CP	2.7 ± 0.02 ^{bc}	33.6 ± 0.48 ^a	35.4 ± 0.54 ^a	37.6 ± 0.23	2589.3 ± 57.48 ^a
2013 * CP	2.6 ± 0.03 ^c	28.9 ± 0.50 ^b	30.3 ± 0.56 ^b	41.6 ± 0.11	2238.0 ± 49.44 ^b
2011 * RP	2.9 ± 0.04 ^a	27.0 ± 0.30 ^c	29.1 ± 0.31 ^b	40.8 ± 0.12	1966.5 ± 43.86 ^c
2012 * RP	2.9 ± 0.03 ^a	24.6 ± 0.54 ^d	26.2 ± 0.58 ^c	37.3 ± 0.12	1946.8 ± 58.68 ^c
2013 * RP	2.7 ± 0.03 ^b	27.6 ± 0.52 ^{bc}	29.0 ± 0.46 ^b	41.3 ± 0.12	1968.4 ± 49.66 ^c

^{a,b,c} Values within a column with different superscripts differ significantly at P<0.01, BN: primary branches plant⁻¹; PN: pods plant⁻¹; SN: seeds plant⁻¹; 100-SW: 100 seed weight; SY: seed yield ha⁻¹.

In terms of total pod and seed number; 30 plant m⁻² of plant density gave the highest values (28.5 pod and 29.7 seed) and followed by 35 seed m⁻² of plant density, whereas the lowest value was obtained from 50 seed m⁻² of plant density. It was observed that when plant density increased, branching per plant decreased, and therefore pods and seed number per plant decreased. Some researchers also reported that when plant number increased per square meter, pod number per plant decreased (Akdağ, 1985; Brandon et al., 1998; Regan et al., 1999; Liu & Gan, 2001).

Seed yield

In the variance analysis which was arranged for seed yield values at unit area; year, planting method, planting density and year*planting method interaction effects on seed yield were found statistically significant (p<0.01). But the other interactions between factors (Y*D, M*D, Y*M*D) were found non-significant (Table 2). The highest seed yield (2267.5 kg ha⁻¹) was obtained in 2012 when total rainfall ratio was the lowest, but the distribution of precipitation was more regular. The lowest yield (1691.6 kg ha⁻¹) was obtained in 2011 when the distribution of precipitation was irregular (Tables 1 & 4). This case showed that the distribution of

precipitation which dropped at plant vegetation period on seed yield was more effective than total rainfall ratio (Aykut Tonk et al., 2011). Planting methods were compared in terms of seed yield at unit area; it was determined that conventional planting method ($2081.7 \text{ kg ha}^{-1}$) was higher than ridge planting method ($1960.0 \text{ kg ha}^{-1}$). In the study while the highest seed yield ($2589.3 \text{ kg ha}^{-1}$) was obtained from conventional planting method in 2012, the lowest seed yield ($1416.2 \text{ kg ha}^{-1}$) was obtained from conventional planting method in 2011 for year*planting method interaction that was found statistically significant.

While there were significant changes in climate parameters such as humidity, temperature and total rainfall during the chickpea growing season in which the study was conducted, the difference between the yields of the ridge planting method was not statistically significant and they were in the same group. However, the difference between the yields in the conventional planting method was significant and they were statistically in different groups. Thus, it can be said that the ridge planting method is less affected by changing climate factors than the conventional planting method (Table 4). Similar results reported by Roy et al. (2014) that chickpea sown without seed bed preparation with Pantnagar zero till drill produced the highest seed yield followed by zero tillage after removal of stubble. Stringi et al. (2004) compared the performance of chickpea under no tillage, mulch tillage and conventional tillage and found that average grain yield was significantly higher under no tillage than conventional tillage. But no significant differences were recorded between mulch tillage and conventional tillage.

Combined data presented in Table 4 showed that, seed yield was affected by plant densities. The highest seed yield ($2183.2 \text{ kg ha}^{-1}$) was obtained from 45 seed m^{-2} for the average of two planting methods in terms of planting density and followed by 40 seed m^{-2} . Whereas the lowest value was obtained from 30 seed m^{-2} . In the combined of the three years, it was determined that 40 seed m^{-2} was convenient for conventional planting method and 45 seed m^{-2} for ridge planting method.

100 seed weight

According to Table 2, results of statistical analysis indicated that, year had a significant effect on 100 seed weight, but effects of planting method, planting density and interaction were not found significant. The highest 100 seed weight (41.4 g) was found in 2013 when May was rainy and the distribution of precipitation was more regular, the lowest value (37.4 g) was found in 2012 in terms of years. It was thought that the rainfall was low on April and May when chickpeas were in chickpea's flowering, and pod setting periods in the region in 2012, short time arid stress stemmed from high temperature values had a negative effect on 100 seed weight. Similar to our findings, some researchers also reported that chickpea's 100 seed weight changed depending on changes occurred environmental factors (Bozoğlu, 1995; Akdağ, 2001; Türk & Sağır, 2001; Düzdemir et al., 2007).

Anthracnose disease (*Ascochyta rabiei*)

Disease assessment was based on the 1-9 rating scale which was modified for seedling bioassays from Reddy & Singh (1984). The average value of anthracnose disease (*Ascochyta rabiei*) at different planting densities for chickpea's conventional and ridge planting method were given at Table 5.

When examining Table 5, it was seen that year and planting method had an effect on anthracnose disease for chickpea, but planting density did not have any effect. The highest disease value was seen in 2011 when spring rainfall and moisture ratio were high for both planting methods in terms of years. Disease values for ridge planting method was lower than conventional planting method disease values at all three years in terms of planting methods. Similar result was reported by Kanouni et al. (2011) who reported environmental conditions have important effect on the lifecycle of *A. rabiei*, the infection process and disease development. In terms of anthracnose disease, ridge planting method was quite advantageous than conventional cultivation method in years with high rainfall and humidity for the winter chickpea sowing.

Table 5. Anthracnosis (*Ascochyta rabiei*) values (1...9 rating scale)) of chickpea grown under different planting method and planting density**Çizelge 5.** Nohuttun farklı ekim yöntemi ve ekim sıklıklarındaki antraknoz hastalık değerleri (1...9skala)

Planting Method	Planting Densities	Years		
		2011	2012	2013
Conventional Planting	30 seed m ⁻²	5	3	3
	35 seed m ⁻²	5	3	3
	40 seed m ⁻²	5	3	3
	45 seed m ⁻²	5	3	3
	50 seed m ⁻²	5	3	3
Ridge Planting	30 seed m ⁻²	3	1	1
	35 seed m ⁻²	3	1	1
	40 seed m ⁻²	3	1	1
	45 seed m ⁻²	3	1	1
	50 seed m ⁻²	3	1	1

1: healthy plant, no disease; 3: lesions easily seen, but plant is mostly green; 5: lesions girdle stems, most leaves show lesions.

Economic analysis

The yield averages of three years were regarded to compare applied methods economically and partial budgeting method was used (Keklikçi, 1994). The 2013 cultivation period data belong to Provincial Directorate of Food Agriculture and Livestock and Chamber of Agriculture were used for machine hire costs and inputs that were used during the experiments. While expenditures were calculated production area was assumed as it was a property. So, fields hire cost excluded in input costs. As seen input-output costs were given in Table 6. The highest net income for unit area was determined for ridge planting method as 1720 TL ha⁻¹. When methods' output/input ratios were analyzed, the highest value was seen for ridge planting method as 3.17. According to this result; ridge planting method was determined as 9.2% more profitable than conventional planting method. Similar results were also recorded by Banjara et al. (2017). They observed gross return was also higher under minimum tillage and line sowing of seeds after harvesting of rice, but net return and B:C (2.96) ratio were highest under zero tillage direct drilling of seeds. Up to 40% energy saving is achieved in the zero tillage method, which is an application of direct seeding (Aykas et al., 2005).

Table 6. Input output quantity of chickpea grown under different planting methods and planting density (TL ha⁻¹)**Çizelge 6.** Farklı ekim yöntemi ve ekim sıklığında yetiştirilen nohuttun girdi ve çıktı miktarları (TL ha⁻¹)

	Conventional planting method	Ridge planting method
Average Yield (kg ha ⁻¹)	2081.7	1960
Gross Income (TL ha ⁻¹)	3123	2940
Total Variable costs (TL ha ⁻¹)	1296	926
Net Income (TL ha ⁻¹)	1575	1720
Output / input ratios	2.41	3.17

CONCLUSIONS

It was seen that ridge planting method did not give a significant yield difference at base ridges for chickpea's planting alternation after cotton when compared to conventional planting method. However, when economical evaluations were applied between average yields, ridge planting method at present ridges was more economical than conventional planting method for income/expenditure ratios. At alternation (cotton-chickpea, or second crop corn-chickpea) system, preparing seed bed at regions where it is a matter for winter chickpea planting after cotton that leaves the field lately in fall and corn as the

second crop, the most convenient seed bed was left by ridge planting method at base ridges. It was determined that convenient planting density for chickpea was 40 seed per square meter for conventional method, and 45 seed for ridge planting. *Ascochyta rabiei*, the most serious chickpea disease worldwide, was less common in the ridge planting method due to air circulation in the spaces between the ridges. Also ridge planting method decreased water interception damage which occurred because of water accumulation in fields that are heavy textured, and its levelling was out of order, and provided earliness. As a suggestion, the ridge sowing method can be applied by growers for winter chickpea planting in areas where cotton-chickpea rotation is applied, both in terms of planting time and field traffic and because it is more economically suitable.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: İE, MY, MK; sample collection: İE, MY, MK; analysis and interpretation of data: İE, MY, MK; statistical analysis: İE visualization: İE; writing manuscript: İE, MY, MK.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors in this study.

Ethical Statement

We declare that there is no need for an ethics committee for this research.

Financial Support

This study was supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies with the project number TAGEM/TA/11/12/02/001. The authors thank the financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Prof. Dr. Hakan GEREN.

REFERENCES

- Akçin, A., 1988. Yemelik Dane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 8, Konya, 98 s.
- Akdağ, C., 1985. Ekim Sıklığının Tokat Yöresinde Üç Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşidinde Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, (Unpublished) Yüksek Lisans Tezi. Adana, Demirbaş No: 280, 163 s.
- Akdağ, C., 2001. Tokat'ta Yüksek Verim Sağlayacak Nohut Çeşitleri ile Ekim Zamanlarının Belirlenmesi. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 59, Araştırma Serisi No: 19, Tokat.
- Anonymous, 2013. Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü. (Web page: <https://diyarbakir.mgm.gov.tr/>) (Date accessed: Kasım 2017).
- Anonymous, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2022. (Web page: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>) (Date accessed: September 2022).
- Aykas, E., H. Yalçın & E. Çakır, 2005. Koruyucu toprak işleme yöntemleri ve doğrudan ekim. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42 (3):195-205.
- Aykut Tonk, F., E. İlker, Ö. Tatar, A. Reçber & M. Tosun, 2011. Farklı yağış miktarı ve dağılımlarının ekmeklik buğday verimi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48 (2): 127- 132.
- Banjara, T.R., G.P. Pali, B.K. Tigga, S. Kumar & A. Shori, 2017. Effect of different tillage practices on growth, yield and economics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed condition of Chhattisgarh. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6 (2): 1464-1470.

- Bozoğlu, H., 1995. Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bazı Tarımsal Özelliklerinin Genotip × Çevre interaksyonu ve Kalıtım Derecelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Unpublished) Doktora Tezi, Samsun, 109 s.
- Brandon, N., J. Russell, J. Brady, T. Clark & R. Jettner, 1998. Crop Updates 1998: Pulses. Department of Agriculture, Western Australia, 130 pp.
- Düzdemir, O., C. Akdağ & Y. Yanar, 2007. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin farklı çevrelerde antraknoz (*Ascochyta rabiei*)'a dayanımları ve tane verimleri üzerine bir araştırma. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2): 87-97.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu & F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021. Ders Kitabı: 295, Ankara, 380 s.
- FAOSTAT, 2014. Agriculture statistics. (Web page: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>) (Date accessed: September 2022).
- Jukanti, A. K., P. M. Gau, C. L. L. Gowda & R. N. Chibbar, 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. British Journal of Nutrition 108 (Suppl. 1): 11-26. doi: 10.1017/S0007114512000797
- Kanouni, H., A. Taleei & M. Okhovat, 2011. Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.) of chickpea (*Cicer arietinum* L.): breeding strategies for resistance. International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5 (1): 1-22.
- Liu, P.H. & Y. Gan, 2001. "Morphological plasticity of chickpea vs. water availability, 5-6". Abstracts of Oral Presentations Conference (October 28-30, 2001, Fargo, North Dakota), 436 pp. <http://hermes.bionet.nsc.ru/pg/33/38.htm>.
- Little, T.M. & F.J. Hills, 1978. Agricultural Experimentation: Design and Analysis. John Wiley & Sons, New York. 350 pp.
- Pramanik, M.H.R., M.A.H. Khan, A.A.A. Mushi. & M.A. Sadeque, 1990. Optimum plant population for chickpea in Bangladesh. Progressive Agriculture. Bangladesh, 1 (1): 61-67.
- Reddy, M.V. & K.B. Singh, 1984. Evaluation of a world collection of chickpea germplasm lines for resistance to ascochyta blight. Plant Diseases, 68: 900-901.
- Regan, K.L., K.H.M. Siddique & L.D. Martin, 1999. Response of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) to sowing rate in mediterranean-type environments of South-Western Australia. Australian Journal of Agricultural Research. 43 (1): 87-97.
- Roy, R., A. Singh & J. S. Kang, 2014. Yield and quality of chickpea (*Cicer arietinum*) varieties as influenced by different planting techniques. Legume Research, 37 (3): 294-299.
- Smithson, J.B., Thompson, J.A., and Summerfield, R.J., 1985. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). p. 312-390. In: Grain Legume Crops (Eds. R.J. Summerfield & E.H. Roberts), Collins, London, UK, 635 pp.
- Stringi, L., D. Giambalvo, P. Trapani, C. Scarpello & C. Attardo, 2004. Effect of soil management techniques on performance of different seed legumes in a Mediterranean environment. Options Mediterranean's Series A, Seminars Mediterranean's, 60: 79-83.
- Tisdall, J.M. & A.S. Hodgson, 1990. Ridge Tillage in Australia a Review. Soil and Tillage Research, 18:127-144.
- Türk, Z. & A. Sağır, 2001. "Diyarbakır koşullarında yüksek verimli ve antraknoz hastalığı (*Ascochyta rabiei*)'na dayanıklı kışlık nohut (*Cicer arietinum* L.) genotiplerinin belirlenmesi, 403-407". Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi (17-21 Eylül, Tekirdağ), 869 s.
- Van Der Maesen, L.J.G., 1972. *Cicer* L. A Monograph of the Genus, with Special Reference to the Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Its Ecology and Cultivation. WAU Dissertation, No.528, 354 pp.
- Yalçın, H., V. Demir, H. Yürdem & N. Sungur, 1997. "Buğday tarımında azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir araştırma, 415-423". Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi (17-19 Eylül 1997, Tokat), 785 s.
- Yığıtoğlu, D., 2006. Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Bitki Sıklıklarının Kışlık ve Yazlık Ekilen Bazı Nohut Çeşitlerinde (*Cicer arietinum* L.) Verim ve Verim ile İlgili Özelliklere Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, (Unpublished) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 177 s.
- Yuan, C., T. Lei, I. Mao, H. Liu & W. Yang, 2009. Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. CETENA 78 (2): 93-178.
- Yurtsever, N., 1984. Deneyisel İstatistik Metotları. Köy hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 121, Teknik Yayın No:56. Ankara, 575 s.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Salman DORU¹ 

Ela ATIŞ^{1*} 

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

ela.atis@ege.edu.tr

Anahtar sözcükler: Çevresel sürdürülebilirlik, en iyi-en kötü analizi, environ oranı, ikili logit model, plastik atık yönetimi, tarımsal plastik

Keywords: Environmental sustainability, best-worst analysis, environ ratio, binary logit model, plastic waste management, agricultural plastic

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):87-100

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1491412>

Çiftçilerin tarımsal plastik atıklara yönelik tutumlarının çevresel sürdürülebilirlik açısından incelenmesi*

Examining farmers' attitudes towards agricultural plastic waste in terms of environmental sustainability

*Bu makale ilk yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 29.05.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan plastik atıklar konusunda çiftçilerin görüş ve tutumlarının incelenmesi ile sürdürülebilir bir atık yönetimi programı benimsemeye yatkınlığının ortaya konması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırma verileri, İzmir ilinde 120 çiftçi ile yapılan anketlerden elde edilmiştir. Araştırma verilerinin analizinde, En iyi-En kötü analizi ve İkili Logit Model yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Çiftçilerin %95'i atık yönetimi konusunda eğitime ihtiyacı olduğunu, %46,7'si ise plastik atıklar konusunda yeterince tedbir almadığını belirtmektedir. Logit model sonucuna göre, çiftçilerin plastik atık konusunda duyarlılığını etkileyen faktörler, atıkların minimum düzeyde olması ve geri dönüştürülmesini ülke ekonomisi için önemli görmesidir.

Sonuç: Tarımda, plastik atık kullanımı ve geri dönüşüm konusunda farkındalık yaratacak, takdir ve teşvikin bir arada olacağı, başarının ödüllendirileceği, üreten-tüketen-bertaraf eden paydaşların katılımı ile sürdürülebilir bir atık yönetiminin başarılabacağı politikalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ABSTRACT

Objective: In this study, it is aimed to examine the opinions and attitudes of the farmers about the plastic waste generated as a result of agricultural activities and to reveal their tendency to adopt a sustainable waste management program.

Material Method: Research data was obtained from surveys conducted with 120 farmers in Izmir province. Best-Worst analysis and Binary Logit Model methods were used in the analysis of the research data.

Results: 95% of farmers state that they need training on waste management, and 46.7% state that they do not take enough precautions about plastic waste. According to the logit model result, the factors affecting farmers' sensitivity to plastic waste are that waste is at a minimum level and they consider recycling important for the country's economy.

Conclusion: In agriculture, policies are needed that will raise awareness about plastic waste use and recycling, where appreciation and encouragement will be together, where success will be rewarded, and where sustainable waste management will be achieved with the participation of producing-consuming-disposing stakeholders.

GİRİŞ

Tarım sektöründe verimliliği artıran plastiklerin rolü ve katkısı giderek artmaktadır. Öyle ki günümüzde plastikler, tüm yıl veya sezon boyunca tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır. Plastikler tarımda, olumsuz hava koşullarından korunma, su ve arazilerin daha verimli kullanılması, üretimin kalitesinin ve miktarının artması, hastalık, zararlı, yabancı ot vb. ilaçların kullanımının azaltılması, ürünlerin ve gıdaların korunması, ambalajlanması, güvenliği gibi risklerin önlenmesinde etkilidir (Briassoulis et al., 2014). İklim değişikliğine uyum ve artan küresel nüfusun da tarımsal plastik kullanımında artışa neden olması beklenmektedir. Ancak, bu plastik malzemeler, tarımsal faaliyetlerde kullanım alanının yaygınlaşması ve verimliliği önemli ölçüde artırmasına rağmen, ekosistem dengesinde ve çevre üzerinde giderek artan negatif dışsallık ve etkilere de neden olmaktadır.

Tarımda, üretim miktarı artışına paralel olarak ortaya çıkan atık miktarları da doğrusal olarak artmaktadır. Tarımsal kaynaklardan çevreye sızan plastik miktarı tam olarak bilinmemekle birlikte, bunların hem ekosistem hem de bireyler üzerinde ne ölçüde olumsuz etkiler yaratabileceği netleşmektedir. Tarımsal üretimde her yıl tahminen 12,5 milyon ton plastik ürün kullanıldığı ve bunun yaklaşık %60'ını plastik filmlerin oluşturduğu belirtilmektedir. Tarımda, yılda toplam 10 milyon tonla bitkisel üretim ve hayvancılık sektörlerinin en büyük kullanıcıları olduğu, bunu balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği ile ormancılığın takip ettiği tahmin edilmektedir (FAO, 2021). Bu da, hem amaçlanan kullanımları sırasında hem de faydalı ömürlerinin sonunda, toprağın tarımsal plastik ürünler için baskın alıcısı olduğunu göstermektedir.

Bölgesel düzeyde konuyla ilgili sınırlı veri olmasına rağmen, Asya'nın tarımsal plastiklerin en büyük kullanıcısı olduğu ve yalnızca Çin'in yılda en az 6 milyon ton ürettiği düşünülmektedir. Dahası, artan gıda talebini karşılamak için seracılığın ve malçlama uygulamalarının artmasının bir sonucu olarak Asya'da tarımsal plastiklere olan talebin artması beklenmektedir (FAO, 2021).

Tarımda, hem bitkisel ve hem de hayvansal üretim faaliyetleri sonucunda tehlikeli ve tehlikesiz plastik atıklar ortaya çıkmaktadır. Çiftçilerin tarımsal atıkları yok etmesinin geleneksel yolu ise, onu terk etmek, kullanıp atmak vb. davranışlardır. Genellikle pestisit şişeleri, tohum, gübre vb. girdi ambalajları, toprak malçlamada, paketlenmede kullanılan plastikler, sulama ve drenaj boruları için kullanılan plastik malzemeler ya açık alanda yakılmakta, ya toprağa gömülmekte ya da tarlalara veya nehre, dereye, göle vb. bırakılmaktadır. Tarımsal plastiklerin uygun olmayan şekilde bertaraf edilmesi ise, toprak ve su kirliliğine, zararlı maddelerin ve hava kirleticilerin serbest bırakılmasına, gıda kirliliğine, toprak kalitesinin etkilenmesine, ayrıca estetik kirliliğe ve tarımsal ekosistemin bozulmasına neden olmaktadır (Gomez, 2008; Briassoulis et al., 2013; Gündoğdu & Kaydan, 2019b). Sera naylonu, gübre torbaları ve boş zirai ilaç kapları, ekim alanının yakınında toplanana kadar açıkta kalmakta ve bu da nehir, göl gibi yerüstü su kaynaklarına sızma riski taşımaktadır (Sheavly, 2005; Andrea et al., 2020). Seralar, alçak tüneller, malçlama, kaplama ve silaj filmleri söküldüğünde büyük ve artan miktarlarda plastik atık ortaya çıkmaktadır. Özellikle plastik filmlerin (sera, malçlama, solarizasyon, silaj işlemleri vb.) kalınlıkları, güneş ışınlarına ve pestisitlere maruz kalmaları, sıcaklık ve bağıl nemdeki değişiklikler, rüzgar ve yağış nedeniyle mekanik özellikleri giderek bozulmaktadır. Bu plastik filmlerin bozulmaları kullanım ömürlerinden sonra da devam etmektedir (Picuno, 2014; Andrea et al., 2020).

Bitkisel faaliyetler gibi hayvancılık işletmelerinde de plastik atıklar ortaya çıkmakta olup, bazı tehlikeli plastik türleri; tedavi vb. amacıyla kullanılan enfekte hayvanlara temas etmiş tıbbi eldivenler, bandajlar, boş ilaç veya aşı şırıngaları, kullanılmış ilaç kapları (antibiyotikler, vitaminler, mineraller ve mastitis tüpleri) ve bunun gibi veterinerlik hizmetlerinden kaynaklanan tıbbi atıkları içermektedir (Dan & Sandy, 2015). Bu atıklar işletmelerde enfeksiyonlara ve zehirlenmelere yol açabildiği gibi, çevresel kirlenmeye de neden olabilir.

Ekosistem ve halk sağlığı üzerinde bir başka tehlike unsuru da işletmelerde lastikler, aküler ve hurda makine parçaları gibi makine ile ilgili çeşitli atıklardır. Özellikle makinalı ve açıkta tarım yapılan bölgelerde,

traktör gibi işletmedeki araçlardan kaynaklanan ömrünü tamamlamış lastikler tehdit oluşturmaktadır. Bu lastikler yakıldığı zaman şiddetli yangınlara ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Nitekim, Ikeguchi & Tanaka (1999), lastikler de dahil olmak üzere sekiz farklı atık türünün açıkta yakılması konusundaki çalışmalarında, PVC bazlı tarımsal plastik atıkların en yüksek salınıma sahip olduğunu tespit etmiştir (FAO, 2021).

Tarım işletmelerinde plastik atıkların güneş altında uzun süre kalması ile mikroplastığe dönüşebilmesi, sucul kaynaklarda ve toprakta kalıcı olarak kirlitici bir faktör olması da önemli bir risk faktörüdür. Geçtiğimiz yıllarda Mersin Körfezi'nde gerçekleştirilen bir çalışmada denizden elde edilen mikroplastiklerin içerisinde sera naylonu olarak kullanılan plastiklerin oranının %30 civarında olduğu tespit edilmiştir (Gündoğdu & Kaydan, 2019a).

Plastik atıkların somut veya soyut riskleri ekosistem dengesinde ve çevre üzerinde giderek artan tehditler ve baskılar oluşturmaktadır. Bu atıkların oluşturduğu çevre kirliliğini önlemenin yanında geri dönüştürerek/kazanarak ekonomiye nasıl katkı sağlanabileceği önem kazanmıştır. Atıkların uygun koşullarda toplanması durumunda yeni bir ikincil hammadde ya da enerji kaynağı olarak ekonomiye kazandırılması mümkündür. Pek çok ülkede bu atıkların oluşturduğu çevre kirliliğini önlemenin yanında geri kazanarak ekonomiye nasıl katkı sağlanabileceği üzerinde durulmaktadır. Çünkü tarımsal plastik atıkların yönetilmesi bir ülkenin gelişmişliği ve bunun devamlılığı açısından gereklidir. Bu yönüyle konu, Birleşmiş Milletlerin 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden birçoğu ile bağlantılı olması nedeniyle de önemlidir. Bu kapsamda bir diğer önemli konu da tarımsal üretimden kaynaklanan plastik atık gibi önemli bir çevresel sorunun, bu soruna yol açan çiftçi boyutuyla ele alınmış olmasıdır. Nitekim hem bu sorunun ortaya çıkması hem de soruna yönelik uygulanacak politikaların başarısında üretici tutumlarının incelenmesi önemlidir. Akyüz & Atış'ın da (2022) ifade ettiği gibi, belirlenen politika tedbirlerini uygulayacak olan üreticilerin çevre tutumları politikaların uygulanabilirliği üzerinde önemli bir rol oynayacaktır.

Bu çalışma da bu konuya odaklanılmış olup, tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan plastik atıklara yönelik olarak çiftçi görüş ve tutumları incelenerek, çiftçilerin sürdürülebilir bir atık yönetimi programı benimsemeye yatkınlığının ortaya konması amaçlanmıştır. Plastik kullanımı miktarlarına ilişkin tahminler, bunların çevresel etkilerini azaltmak için hangi müdahalelerin yapılması gerektiği konusunda bilgi sağlamaktadır. O nedenle, hem tarımda plastik kullanımına yönelik araştırmalar, hem de bu plastikleri kullanan çiftçilere yönelik araştırmalar gelecekteki politikalara da yol gösterecektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın materyali, amaca uygun şekilde geliştirilmiş anket formu kullanılarak üreticilerle karşılıklı görüşme yoluyla elde edilen verilerden oluşmaktadır. Konu ile ilgili ön ve tamamlayıcı çalışma, ulusal ve uluslararası yayınlardan oluşmaktadır.

Çalışmada, araştırma alanı olarak çiftçilerin tutum ve uygulamalarını karşılaştırmaya olanak vermesi açısından Ege Bölgesi'nden Küçük Menderes ve Bakırçay olmak üzere iki önemli havza seçilmiştir. Her iki havzadan da hem tarımsal üretimin yoğun olduğu hem de farklı üretim yöntemlerinin (açıkta/örtü altı üretim, bitkisel ve hayvansal üretim gibi) uygulandığı ikişer ilçe araştırma kapsamına alınmıştır. Bu çerçevede Küçük Menderes Havzasından Ödemiş ve Torbalı ile Bakırçay Havzasından ise Bergama ve Dikili ilçeleri çiftçi sayıları araştırmanın ana kitlesini oluşturmaktadır.

İzmir ilini temsil etmek üzere bu ilçelerde görüşülecek üreticilerin sayısı oransal örnek hacmi formülüyle belirlenmiştir (Newbold, 1995; Miran, 2002). Araştırmada olası en büyük örnek hacmine ulaşmak için üreticilerin atık yönetimine katılma oranı $p=0,5$ ($q=0,5$) olarak alınmıştır. Örnek hacmi, %90 güven aralığı ve %7,5 hata payına göre 120 çiftçi olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ankete katılan çiftçilerin havzalara göre dağılımı**Table 1.** Distribution of surveyed farmers by basin

Havza	İlçeler	Toplam çiftçi sayısı	Anket yapılan çiftçi sayısı
Küçük Menderes	Ödemiş	6598	46
	Torbali	3060	22
Bakırçay	Bergama	6060	42
	Dikili	1382	10
TOPLAM		17100	120

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

Formülde;
n = Örnek hacmi
N = Toplam çiftçi sayısı
p = Örneğe girecek çiftçilerin oranı
 σ_{px}^2 = Oranın varyansdır

Araştırmada, anket yoluyla elde edilen verilerden çiftçilerin demografik özellikleri (cinsiyeti, yaşı, eğitim durumu vb.) ve işletme özellikleri tanımlayıcı istatistiklerle ortaya konulmuştur. Çiftçilerin, çevre ve plastik atıklar konularında farkındalığının değerlendirilmesi, risk algılarının/düşüncelerinin ortaya konması, kullanılan plastikleri değerlendirme şekillerinin belirlenmesinde beş noktalı Likert ölçeğinden yararlanılmıştır. Likert ölçeği, pozitif ve negatif tutumlar arasındaki ayırımı yapmadaki gücü, uygulanması ve verilerin değerlendirilmesindeki avantajlarından dolayı araştırmalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Bunun yanında araştırmada, üreticilerin plastik atıkların bertarafı ve geri dönüşümü konusundaki önceliklerinin belirlenmesi ve politika hedeflerinin ortaya konmasında En iyi-En Kötü (Best-Worst) analizinden yararlanılmıştır. İlk kez 1987 yılında, Jordan Louviere tarafından geliştirilen yöntem, katılımcıların bu dizi içindeki öğelerin tüm olası çiftleri değerlendirerek tercih ya da önem verilen maksimum farkı yansıtan çifti seçmelerini varsayar. En iyi-En Kötü analizinin avantajı, katılımcıların çoğu için anlaşılmasının oldukça kolay olmasıdır (Goodman et al., 2005; Lagervist, 2013). Türkiye’de de, çeşitli karar ölçütlerine göre farklı alternatifleri değerlendirmek üzere bir çok çalışmada bu yöntemden yararlanılmıştır (Yavuz vd., 2015; Atış vd., 2018; Salalı vd., 2019). Araştırmanın istatistiksel analizleri IBM SPSS 25.0 paket programı ile gerçekleştirilmiştir (IBM, 2017).

Çalışmada, çiftçilerin plastik atıkların toplanmasını destekleme istekliliğini etkileyen faktörlerin analizinde Logit Modelden yararlanılmıştır. Lojistik regresyon analizi ikili (binary), sıralı (ordinal) ve sınıflayıcı (nominal) olmak üzere farklı şekillerde uygulanmaktadır (Ağır & Akbay, 2018; Tabachnick & Fidell, 2001). Araştırmada bağımlı değişkenin (0 ve 1) ikili olmasından dolayı İkili Lojistik Regresyon modeli kullanılmıştır. İkili Lojistik Regresyon modeli (Binary Logistic Regression), ikili cevap içeren bağımlı değişkenlerle yapılan lojistik regresyon analizidir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmaya katılan çiftçilerin 29’u kadın, 91’i erkeklerden oluşmaktadır. Çiftçilerin yaş ortalaması 39,7, eğitim ortalaması 7,9 yıl olarak belirlenmiştir. Bu da çiftçilerin ağırlıklı olarak ortaokul mezunu olduklarını ifade etmektedir. Üreticilerin, toplam gelirleri içerisinde tarımsal gelirin payı %80 düzeyinde olup oldukça yüksektir. Dikili’deki çiftçiler için bu oran %95 gibi çok daha yüksek bir düzeydedir (Çizelge 2). Bu durum, araştırma kapsamındaki birçok çiftçinin gelirinin tamamını tarımdan elde ettiğini göstermektedir.

Araştırma kapsamındaki işletmelerde arazi varlığı ortalama 17,1 dekadır ve bu arazinin 11,9 dekara sulanmaktadır. Ortalama parsel sayısı ise 2,7 olarak hesaplanmıştır. Çiftçilerin %76,7’si açıkta tarım, %15,5’i örtü altı tarım (seracılık) ve %7,8’i hem açıkta tarım hem de seracılık faaliyetinde bulunmaktadır. Üreticilerin %71,7’si hayvancılık yaptığını belirtmiştir.

Çizelge 2. Havzalara göre çiftçilerin demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri**Table 2.** Demographic and socio-economic characteristics of farmers by basin

Demografik ve sosyoekonomik özellikler	Küçük Menderes Havzası		Bakırçay Havzası		Genel
	Ödemiş	Torbalı	Bergama	Dikili	
Kadın	8	6	12	3	29
Erkek	38	16	30	7	91
Yaş (ortalama)	37	42	41	43	39,7
Eğitim (yıl)	7,7	7,7	7,8	10,7	7,9
Toplam gelirden tarımsal gelirin payı (%)	80,3	79,0	77,1	95,0	80,0

Çiftçiler en az:1 en çok:18 yıl eğitim almıştır, Std.Sapma: 3,8. Çiftçilerin en küçüğü:20 en büyüğü:78 yaşındadır, Std.Sapma: 10,9.

İncelenen İşletmelerde Ortaya Çıkan Plastik Atıklar ve Bertaraf Yöntemleri

Tarım işletmelerinde bitkisel ve hayvansal üretim ve hasat sürecinde kullanılan plastik atıklar Çizelge 3’de yer almaktadır. İşletmelerde çok çeşitli amaçlarla kullanılan bu plastikler, kullanım sonrası plastik atıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Çizelge 3. Tarım işletmelerinde kullanılan plastikler**Table 3.** Plastics used in farms

Kullanım Amacı	Bitkisel ve Hayvansal Üretimde Kullanılan Plastikler
İlaçlama amacıyla	Pestisit kapları/şişeleri
Sulama sisteminde	Damlama, yağmurlama, drenaj boruları, hortum vb.
Toprak beslemede	Gübre ambalajı
Ekim-dikimde	Tohum ambalajı
Ürün yetiştirme ve toplama amacıyla	Saksı, kaplar, torba, kasa, ambalaj, paketlenme ve gereçleri
Ürünü korumak ve verimliliği kontrol etmek amacıyla	Sera, malçlama, solarizasyon veya tünellerde kullanılan poşetler/filmler
Çeşitli amaçlar için kullanılan plastikler	Branda, çadır örtüsü gibi plastikler
Hayvan beslemede	Silaj filmleri, yem torbaları, su ve buzağı besleme kapları vb.
Hayvan tedavi ve bakımında	Hijyen ve dezenfektan kapları, kulak küpeleri, boş ilaç kutuları, aşı şırıngaları, antibiyotikler, vitaminler, mineraller, mastitis ve sprey tüpleri, tıbbi eldiven, maske, bandajlar vb.
İşletme araçlarından kaynaklanan	Ömrünü tamamlamış lastikler

Tarımsal faaliyetin her aşamasında çok çeşitli plastik ürünler kullanılmaktadır. Bu plastikler, ürün verimliliğini, hayvan beslenmesini, su kullanım etkinliğini artıran ve gıda kaybını azaltan faydalar sağlamaktadır. Diğer yandan tarımsal plastikler hasar görerek, bozunarak veya atılarak çevreye sızmakta ve farklı türde çevresel zararlara neden olabilmektedir.

Araştırma kapsamındaki işletmelerde ortaya çıkan plastik atıklar ve bunların ortalama miktarları Çizelge 4’de verilmiştir. Çiftçilerin, bir üretim yılı/sezonu içerisinde ortalama 9,3 adet plastik pestisit şişe/kutu/bidon kullandığı belirlenmiştir. İşletmelerde, plastik atık olarak ayrıca sulama amaçlı ortalama 4849 m plastik boru, 65,8 adet yem torbası/ambalajı, 28,9 adet kimyasal gübre ambalajı, 26,1 adet tohum ambalajı ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bunun yanında, çiftçilerin ortalama 2078 kg (7699 m²) sera naylonu, malçlama, solarizasyon veya tünellerde ortalama 342,1 kg (3421 m) poşetler/naylon kullandığı saptanmıştır. Hayvancılıkla uğraşan işletmeler de, yemleri saklama, fermentasyon gibi işlemleri yaparken, silaj naylonu, fermente brandası, çadır örtüsü gibi plastikleri tercih etmektedir. İşletmelerin koruma amacıyla kullandığı bu plastiklerin işletme başına ortalama 43,5 m² olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tarım İşletmelerinde ortaya çıkan plastik atık miktarları**Table 4.** Amounts of plastic waste generated in farms

Plastikler	Birim	Çiftçi Sayısı	Kullanılan Miktar	Std. Sapma
Pestisit kapları/şişeleri	Adet	82	9,3*	9,5
Yem torba/çuval plastikler	Adet	82	65,8	87,4
Gübre torba/çuval plastikler	Adet	69	28,9	24,2
Sulama sisteminde kullanılan plastikler	m	47	4849,0	4089,9
Hasatta kullanılan plastikler	Adet	42	49,9	47,1
Sera film/naylonu	kg	23	2078,0	1502,0
Naylon, branda, çadır örtüsü	m ²	20	43,5	18,1
Malç/Solarizasyon/Tünel p.	kg	17	342,1	147,1
Plastik saksı ve kaplar	Adet	17	30,5	12,4
Tohum torba/çuval vb. plastikler	Adet	16	26,1	13,7

*0,5 L ilaç kutuları baz alınmıştır.

İşletmelerde hem tehlikeli hem de tehlikesiz plastikler bulunabilmektedir. Genellikle hayvancılık işletmelerinde üretimin farklı aşamalarında farklı plastikler ortaya çıkmaktadır. Hayvanların beslenmesi aşamasında, silaj filmleri, yem torbaları, su ve buzağı besleme kapları, tedavi sürecinde, boş ilaç kutuları, aşı şırıngaları, ilaç, antibiyotikler, vitaminler, mineraller, mastitis ve sprey tüpleri, tıbbi eldiven, maske, bandajlar yanında hijyen ve dezenfektan kapları, kulak küpeleri gibi plastik atıklar söz konusudur. Araştırma kapsamındaki hayvancılık işletmelerinde en çok ortaya çıkan plastikler yem torbalarıdır. Bunun yanında işletmelerde en sık rastlanan tehlikeli plastikler ise boş ilaç kutuları/şişeleri, aşı şırıngaları ve kullanılmış ilaç kapları olmuştur.

Çiftçilerin, kullanımı tamamlanan plastikleri işletme içerisinde kullanımı veya işletme dışına taşıma, uzaklaştırma seçenekleri plastik atıkları nasıl yönettiğinin önemli bir göstergesidir. Bu çerçevede, çiftçilerin plastik atıkları nasıl yönettiğine ilişkin sorular üçlü likert ölçeğine göre sorulmuştur. Buna göre çiftçiler ömrünü tamamlamış plastikleri; genellikle veya bazen çöpe attığını (2,4), bazen toplu halde yaktığını (2,0), tekrar kullandığını (1,8), arazide, tarlada ya da bahçede bıraktığını (1,8), toplayıcılara sattığını (1,7) ifade etmiştir. Plastikleri geri dönüşüm/kazanım kutularına bırakma (1,4), toprak altına gömme (1,1) ve nehre, dereye, göle vb. atma (1,0) durumlarının ise hemen hemen uygulanmadığı belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kullanımı tamamlanmış plastiklerin yönetimi**Table 5.** Management of end-of-use plastics

Eylem	Ortalama	Std. Sapma
Çöpe atarım	2,4	0,8
Toplu halde yakarım	2,0	0,8
Tekrar kullanırım	1,8	0,7
Arazide, tarlada, bahçede bırakırım	1,8	0,7
Toplayıcılara satarım	1,7	0,6
Plastik dönüşüm kutularına bırakırım	1,4	0,5
Toprak altına gömerim	1,1	0,4
Nehre, dereye, göle vb. atarım	1,0	0,1

1.Hiç 2.Bazen 3.Genellikle.

Tarımsal plastiklerin bertarafı, çevresel sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Çünkü uygulanan kontrolsüz bertaraf yöntemlerinin doğrudan veya dolaylı olarak çevreye etkileri söz konusudur. Araştırmada, tarım işletmelerinin tarımsal plastik atıklarını yönetmede, genellikle ve bazen çöpe atmak ve toplu halde yakmak gibi sıklıkla başvurduğu iki bertaraf yöntemi göze çarpmaktadır. Tüm plastik atıklarda

özellikle çöpe atma yöntemi en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Kimi tarım işletmeleri, biriktirdikleri plastikleri toplayıcılara satarak işletmeden uzaklaştırmakta, kimi işletmeler ise arazide ve/veya işletme çevresine bırakmaktadır. Toprak altına gömme işlemini uygulayan işletmeler olmakla birlikte çok sınırlı sayıdadır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Tarım işletmelerinin plastik atıklarını bertaraf etme yöntemi

Table 6. Method of disposal of plastic waste of farms

Plastik türü	Bertaraf	Çöpe atarım	Toplu halde yakarım	Tekrar kullanırım	Toplayıcılar a satarım	Arazide, Tarlada, Bahçede bırakırım	Gömerim	İfade
Pestisit *82	İşletme (%)	14,6	26,8	36,5	41,5	36,5	86,6	Hiç
		29,3	42,7	44,0	46,3	53,7	13,4	Bazen
		56,1	30,5	19,5	12,2	9,8	0	Genellikle
Sulama *47	İşletme (%)	12,8	19,1	34,0	42,6	34,0	89,4	Hiç
		29,8	48,9	42,6	46,8	55,3	10,6	Bazen
		57,4	31,9	23,4	10,6	10,6	0	Genellikle
Gübre torbası *69	İşletme (%)	17,4	28,9	40,5	47,8	40,5	86,9	Hiç
		36,2	43,4	37,6	39,1	49,2	13,0	Bazen
		46,4	27,5	21,7	13,0	10,1	0	Genellikle
Tohum torbası *16	İşletme (%)	25,0	31,2	43,7	50,0	50,0	75	Hiç
		31,3	56,3	18,7	25,0	37,5	25	Bazen
		43,8	12,5	37,5	25,0	12,5	0	Genellikle
Yem torbası *82	İşletme (%)	17,1	32,9	39,0	39,02	36,6	85,4	Hiç
		28,0	45,2	37,8	50,0	47,6	14,6	Bazen
		54,9	21,9	23,2	11,0	15,8	0	Genellikle
Sera naylonu *23	İşletme (%)	30,4	39,1	43,4	52,1	56,5	82,6	Hiç
		17,4	39,1	43,4	34,7	30,4	17,3	Bazen
		52,2	21,7	13,0	13,0	13,0	0	Genellikle
Malç vb. naylon *17	İşletme (%)	29,4	29,4	29,4	52,9	47,0	88,2	Hiç
		23,5	47,1	52,9	35,2	35,2	11,8	Bazen
		47,1	23,5	17,6	11,7	17,6	0	Genellikle
Ürün yetiştir. ve toplama *59	İşletme (%)	20,3	32,2	37,2	38,9	37,2	79,6	Hiç
		25,4	42,4	50,8	45,7	52,5	20,3	Bazen
		54,2	25,4	11,8	15,2	10,1	0	Genellikle
Branda, çadır örtüsü gibi *20	İşletme (%)	5,0	15,0	35,0	50,0	25,0	85,0	Hiç
		30,0	65,0	40,0	40,0	60,0	15,0	Bazen
		65,0	20,0	25,0	10,0	15,0	0	Genellikle

*İşletme sayısı, 1.Hiç 2.Bazen 3.Genellikle.

Pestisit kaplarına ilişkin yapılan bir çalışmada (Damalas et al., 2008) da, Yunanistan'ın kuzeyinde yer alan Pieria'da çiftçilerin büyük bir kısmının boş pestisit kaplarını tarlaya ya da sulama kanallarına ve derelere attıkları belirlenmiştir. Ayrıca çiftçilerin boş pestisit kaplarını açıkta ateşte yakması ve ortak atık yerlerine atması da uyguladığı bertaraf yöntemlerindendir. Benzer şekilde, bir başka çalışmada da (Bondori et al., 2019), İran'ın Moghan bölgesinde çiftçilerin çoğunun, boş pestisit kaplarını çöpe, sulama kanallarına attığı ya da işletmede bıraktığı, kimi çiftçilerin de toplayıcılara sattığı belirlenmiştir.

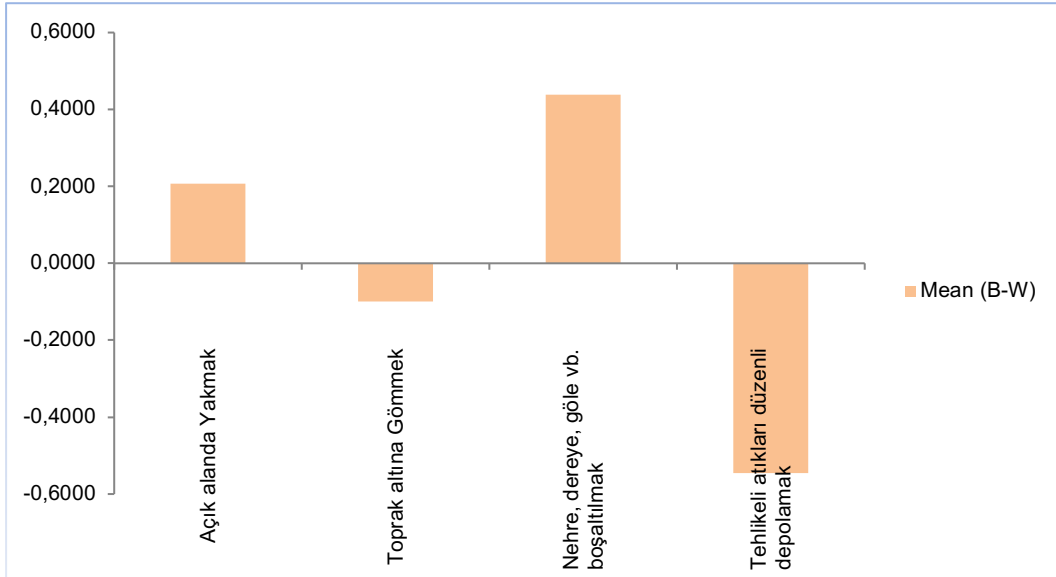
Çalışmamızda, çiftçilerin işletme içinde kullandıkları veya mevcut araçlarından kaynaklanan Ömrünü Tamamlamış Lastikleri ise, %38,5'inin değiştirilen yerde/lastikçide bıraktığı, %13,8'nin ağırlık amacıyla kullandığı %12,3'ünün yaktığı, %10,8'inin rastgele attığı ve kalanının farklı şekillerde bertaraf ettiği belirlenmiştir.

Doğal Hayatı Koruma Vakfı tarafından hazırlanan raporda (WWF & BOÜN., 2021), plastik kaynaklı kirlilikle ilgili olarak, özellikle yerleşim yerleri ve tarım alanları içerisinde geçen nehirlere bırakılan evsel ve endüstriyel atıklar yanında tarım ve hayvancılık kaynaklı plastik atıklara rastlandığından bahsedilmiştir. Bizim çalışmamıza katılan çiftçilerin %95'i de bulundukları Bakırçay ve Küçük Menderes havzalarında plastik kaynaklı kirlilik olduğunu belirtmiştir. Hatta 49 çiftçi %41'in üzerinde bir oranla bu kirliliğin tarım kaynaklı olduğunu ifade etmiştir.

Çiftçilerin plastik atıklar ve çevreye etkisi konusundaki düşünceleri

Çalışmada, plastik atıklar açısından çevreyi daha fazla tehdit eden üretim dalının tespiti için çiftçi görüşlerinden yararlanılmıştır. Çiftçilere göre çevreyi en fazla tehdit eden üretim şekli seracılıktır. Açık alanda yapılan tarımsal faaliyetler plastik atıklar açısından ikinci önemli tehdit olarak görülmektedir. Çiftçilere göre, plastikler açısından çevreyi en az tehdit eden üretim dalının ise hayvansal üretim olduğu belirtilmiştir.

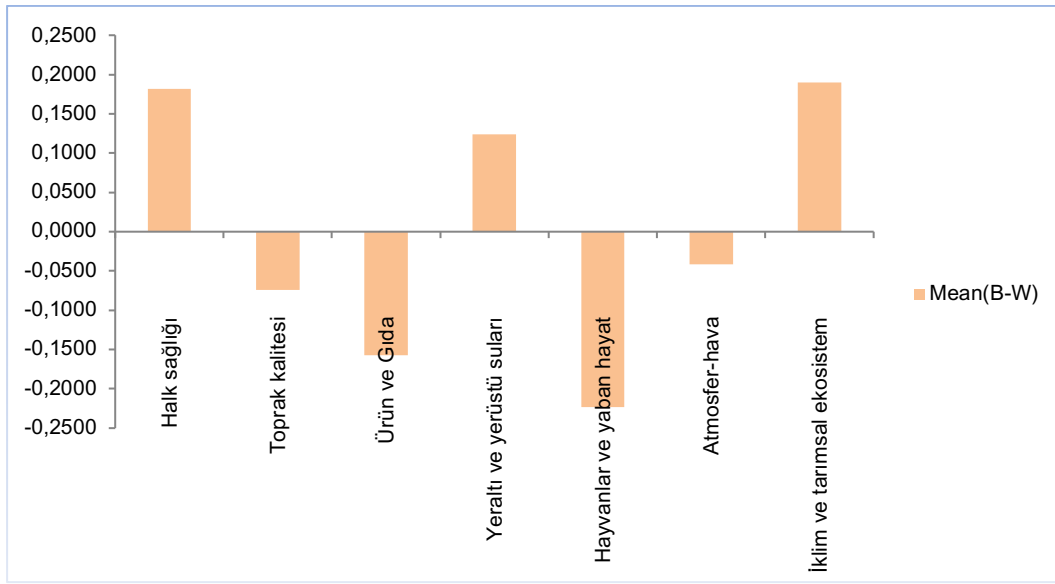
Çevresel sürdürülebilirlik açısından tarımsal plastiklerin kullanımı kadar bertaraf yöntemleri de, çevre ve doğal kaynakları doğrudan etkilemektedir. Kontrolsüz bertaraf etme yöntemlerinin çevresel sürdürülebilirliği ve tarımı tehdit ettiği aşikârdır. Atıkların açık alanda yakılması, toprak altına gömülmesi, nehre, dereye, göle vb. boşaltılması ve hatta tehlikeli atıkların düzenli depolanması çeşitli riskler ve tehditler oluşturmaktadır. Çiftçi görüşlerine göre, öncelikle “plastiklerin nehre, dereye, göle vb. sulara boşaltılması” ve ikinci olarak da “açık alanda yakılması” çevresel sürdürülebilirliği en fazla tehdit eden yöntemlerdir. Çevresel sürdürülebilirliği en az tehdit eden yöntemin ise “tehlikeli atıkları düzenli depolamak” olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çevresel sürdürülebilirliği en fazla/en az tehdit eden bertaraf yöntemleri.

Figure 1. Disposal methods that threaten environmental sustainability the most/least.

Plastiklerin kontrolsüz şekilde doğrudan veya dolaylı olarak canlı yaşamı ile etkileşim içinde olması etkilenen unsurlar üzerindeki riskleri artırmaktadır. Bu çerçevede çiftçilere, plastiklerin kontrolsüz bertarafının etkilediği unsurlar sorulmuştur. İşletmelerde plastik atıkların kontrolsüz olarak doğaya bırakılması sonrası en çok etkilenen unsurun halk sağlığı olduğu ve bunu sırasıyla iklim ve tarımsal ekosistem ile yeraltı ve yerüstü sularının takip ettiği belirlenmiştir. Çiftçiler tarafından kontrolsüz plastik bertarafından en az etkilenen unsurların ise yetiştirilen ürün ve gıda ile hayvanlar ve yaban hayatı olduğu düşünülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Plastik atıkların kontrolsüz olarak doğaya bırakılması sonucu en çok/en az etkilenen unsur.

Figure 2. The element most/least affected as a result of uncontrolled release of plastic waste to nature.

Çiftçilerin eğitim durumu ile plastik atıkların toplanması görüşleri arasında anlamlı bir ilişki vardır ($0,04 < p < 0,05$). Buna göre eğitim düzeyinin artması plastik atıkların toplanması görüşünü etkilemekte ve desteklemektedir. Çiftçilerin eğitim durumu ile plastikleri dönüşüm kutularına bırakma durumları arasında da anlamlı bir ilişki vardır ($0,01 < p < 0,10$). Çiftçilerin eğitim düzeyi, plastikleri dönüştürme istekliliğini etkilemektedir.

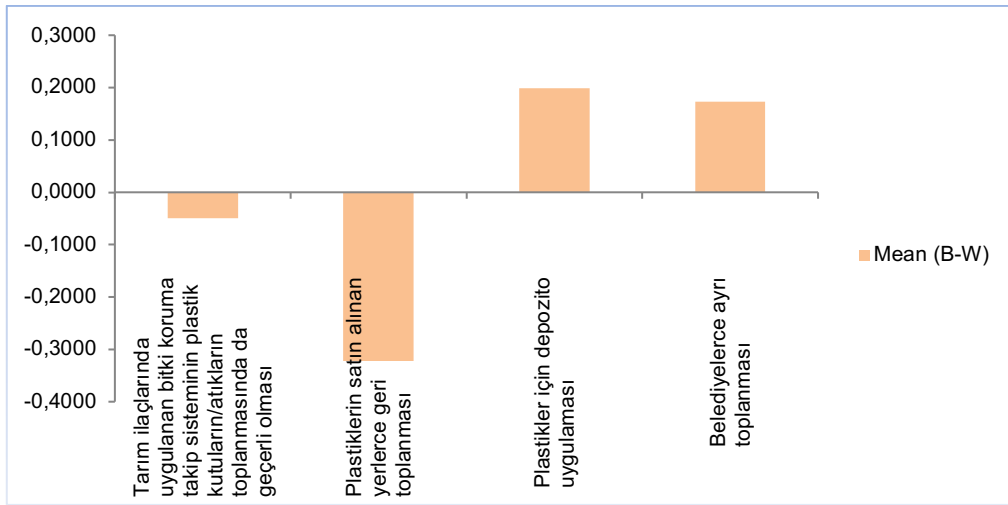
Sürdürülebilir Atık Yönetimine İlişkin Çiftçi Görüş ve Beklentileri

Üreticilere plastik atıklar konusundaki tedbirleri sorulmuştur. Çiftçilerin %46,7'sinin plastik atıklar konusunda yeterli tedbir almadığı, %45,8'inin aldığı ve %7,5'inin ise kararsız kaldığı görülmüştür. Yeterli tedbir almadığını belirten çiftçilerin yeterli tedbir almalarını kısıtlayan/engelleyen faktörlerin başında ise geri dönüşüm/atık toplama kutu/kafesleri olmayışı, plastik atıkların ayrıca toplanmaması, imkânların yetersiz olması sıralanmaktadır.

Atıkların sürdürülebilir bir şekilde toplanması için çiftçilere bazı uygulamaların etkilerini değerlendirmesi istenmiştir. Çiftçilere göre plastikler için “depozito uygulaması” en etkili uygulama olarak değerlendirilirken, “atıkların belediyelerce ayrı toplanması” da en çok etkili ikinci uygulama olarak seçilmiştir. Buna karşın, üreticilerin en az etkili olacağını düşündüğü uygulama ise “plastiklerin satın alınan yerlerce geri toplanması” olmuştur (Şekil 3).

Atıkların sürdürülebilir şekilde yönetimine çiftçi katılımı sağlanması kuşkusuz istenen bir durumdur. Bu amaçla çiftçilere atık yönetim programına katılmasındaki etkili olabilecek olası faktörler sorulmuştur. Buna göre, çiftçilerin bu uygulamaya katılımını en çok etkileyecek unsurun “teşvik ve destek alacağını bilmesi” olmuştur. Çiftçilerin atık yönetim programında en az etkili gördüğü unsur ise “atıklardan sorumlu olduğunu düşünme” olmuştur. Bu da teşvike dayalı mekanizmaların birçok çevre sorununda olduğu gibi, plastik atıkların yok edilmesinde de etkili olabileceğini göstermektedir.

Çiftçilerin atık yönetimi programına katılmasında teşvik ve destek alacağını bilmesi atık programına katılmada etkili bir faktör olmakla birlikte, onlar için hangi destek ve teşviklerin daha etkili olacağı da belirlenmeye çalışılmıştır. Üreticiler sürdürülebilir bir atık yönetiminin sağlanmasında en etkili teşvik olarak, atık yönetimini gerçekleştiren işletmelere girdi desteği verilmesini, ikinci önemli teşvik olarak ise bu işletmelere yıllık bir ödeme yapılması gerektiğini öngörmektedir. İşletmelere vergi indirimleri/muafiyetleri sağlanması ve işletmelere sertifika/ödül verilmesi ise çiftçiler için en az etkili faktörler olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Atıkların toplanmasında en çok/en az etkili uygulamalar.

Figure 3. Most/least effective practices in waste collection.

Plastik malzemelerin yoğun kullanımı ve bu kullanım sonrası atıkların toplanmaması bazı yaptırımları da beraberinde getirmektedir. Bu açıdan çevreye atık bırakanlara verilecek cezalar içerisinden en çok ve en az etkili olanı belirlemek üzere de çiftçilere sorular yöneltilmiştir. Buna göre, işletmeye verilen desteklemelerin kademeli olarak azaltılması ve para cezası verilmesi en çok etkili cezalar olarak belirlenmiştir. Buna karşın, uyarı cezası ile birlikte çiftçinin eğitim programına alınması ve işletmenin çevreye zarar verenler listesinde ilan edilmesi en az etkili cezalar olarak tespit edilmiştir.

Çiftçilerin sürdürülebilir bir atık yönetimini benimsemesi ve buna katılımı için atık yönetim programında beklediği destekler ve uygulamalar önemli görülmektedir. Çiftçilerin beklediği destekler arasında; işletmelere atık toplama kutusu/kafesi verilmesi ve atık toplamanın teşvik edilmesi ilk sırada yer almaktadır. Çiftçilerin atık yönetimini benimsemesi için beklediği uygulamalar arasında ise; kamu veya özel plastik atıkların düzenli toplanması (belediyeler, firmalar vb.), çeşitli toplantılarla bilinçlendirme çalışmaları, atıkların kazanca dönüştürülmesi ve cezai yaptırımlar başta gelmektedir.

Tarım kaynaklı plastik atıklar konusunda çiftçi duyarlılığını etkileyen faktörler

Çalışmada, çiftçilerin plastik atıklar konusundaki duyarlılığı bu atıkların toplanması konusunda vereceği destekle ilişkilendirilmiştir. Buna göre plastik atıkların toplanmasına destek vermeye istekli olmasını etkileyen faktörlerin analizinde İkili (Binary) Logit Modelden yararlanılmıştır. Modelde, bağımlı değişken atıkların toplanmasına üreticilerin destek verip vermemesidir. Üreticilerin yaşı, atıkların toplanmasının gerekli olduğunu düşünmesi, atıkların geri dönüştürülmesi/ kazanılmasının iyi olduğunu düşünmesi ve atıkların minimum düzeyde olmasının ülke ekonomisi için önemli olduğuna inanması modeldeki açıklayıcı değişkenlerdir. Model sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin doğrulama oranı %76,7 olarak bulunmuştur.

Model sonucuna göre, atıkların toplanmasını gerekli görme, atıkların geri dönüştürülmesi/ kazanılmasının iyi olacağını düşünme ve atıkların minimum düzeyde olmasının ülke ekonomisi için önemli olduğunu düşünme değişkenleri üreticilerin atıkların toplanmasına destek verme eğilimini etkilemektedir. Açıklayıcı değişkenlerden üreticinin yaşı ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Modele göre, üreticilerin plastik atıkların toplanmasını gerekli görme eğilimi bir birim arttığında atıkların toplanmasını destekleme isteği %8,8 oranında artmaktadır. Üreticilerin atıkların geri dönüştürülmesi/kazanılmasını iyi olarak değerlendirme durumu bir birim arttığında destek isteği yaklaşık %11,0 oranında artmaktadır. Yine atıkların minimum düzeyde olması ülke ekonomisi için önemli görme oranı bir birim arttığında da destek

isteği %15,9 oranında artmaktadır. Üreticiler plastik atıkların minimum düzeyde olmasını, toplanıp işlenmesini ve geri dönüştürülüp/kazanılmasını ülke ekonomisi için önemli görmekte ve desteklemektedir.

Çizelge 7. Binary Logit Model: plastik atıkların toplanmasını destekleme isteğini etkileyen faktörler

Table 7. Binary Logit Model: factors affecting the willingness to support the collection of plastic waste

Bağımlı değişken: Atıkların toplanmasına üreticilerin destek verip vermemesi

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	z	p-Değeri
Sabit	-7.78333	2.07253	-3.755	0.0002***
Atıkların toplanması gerekli	0.420875	0.218523	1.926	0.0541*
Atıkların geri dönüştürülmesi/kazanılması iyi	0.527465	0.285343	1.849	0.0645*
Atıkların minimum düzeyde olması ülke ekonomisi için önemli	0.764680	0.329401	2.321	0.0203**
Üretici yaşı	-0.00482293	0.0198626	-0.2428	0.8081

n = 120, Doğru tahmin edilen gözlem sayısı= 92 (%76.7), Log-likelihood -66.92, Likelihood ratio test: Khi-kare (4)= 18.9189 [0.0008].

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, tarımdan kaynaklanan plastik atıklar ve bu atıkların yönetimi konusunda çiftçilerin görüş ve tutumuna odaklanmıştır. Bu çerçevede, Küçük Menderes ve Bakırçay Havzalarından seçilmiş 120 çiftçi ile anket yapılmıştır. İşletmelerde, özellikle bitkisel üretimde ilaçlama, gübreleme dönemlerinde daha yoğun plastik kullanılmaktadır. Hayvancılık işletmelerinde ise, genellikle plastik kullanımı yem çuvaları, boş ilaç kutuları/şişeleri, aşı şırıngaları, kullanılmış ilaç kapları, silaj naylonları gibi atıklardan oluşmakta ve yıl içerisinde değişkenlik göstermektedir.

Plastiklerin işletmelerde kalma ömrü de plastiğin türü ve kullanım amacına göre değişmektedir. Buna göre, sera örtüsü ortalama 4 yılda, sulama sisteminde kullanılan plastikler 2,9 yılda, malçlama, solarizasyon veya tünellerde kullanılan poşetler/naylonların ise ortalama 1,4 yılda bir değiştiği tespit edilmiştir. Scarascia-Mugnozza et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada da, bu bulgulara yakın olarak malçlama filmlerinin kullanım ömrünün birkaç ay, sera filmlerinin 3-4 yıla kadar olduğu belirtilmektedir.

Plastik atıkların kontrolsüz bertaraf yöntemleri doğrudan veya dolaylı olarak çevreyi etkilediğinden araştırmada tarımsal plastik atıkların bertaraf yöntemleri de incelenmiştir. Araştırma kapsamındaki tarım işletmelerinin tarımsal plastik atıklarını bertarafında en çok öne çıkan iki yöntemin çöpe atmak veya toplu halde yakmaktır. Üreticilerin yine önemli bir bölümünün de atık plastikleri toplayıcılara sattığı, tekrar kullandığı ya da tarlaya, bahçeye ve işletme çevresine bıraktığı belirlenmiştir.

Araştırma kapsamındaki işletmelerde, sera ve malçlama, solarizasyon veya tünellerde plastik filmlerin kullanılmakta olduğu ve işletmelerin bu plastik filmleri ömürleri sonunda genellikle çöpe attığı ya da toplu halde yaktığı belirlenmiştir. Sanchez (2020), yoğun bahçeciliğin yapıldığı İspanya'nın güney eyaleti Almeria'da yaptığı çalışmada, seralarda ve malçlama amacıyla kullanılan plastik filmlerin toprağa atıldığını ve yakıldığını, uygun şekilde bertarafının ve geri dönüştürülmek üzere toplanmasının söz konusu olmadığını belirlemiştir.

Çalışmaya katılan çiftçilerin %95'i atık yönetimi konusunda eğitime ihtiyacı olduğunu düşünmektedir. Eğitimlerin, çiftçilerde çevresel sorumluluk bilinci oluşturmaya ve sürdürülebilir atık yönetimini benimsemeye doğrudan etkisi olması faydalı olacaktır. Çalışmada çiftçilerin tarımsal bilgiye en çok başvurduğu iletişim aracı televizyon olmuştur. Özellikle tarım kanallarında ve programlarında, atık yönetimi etkinliği adına kamu spotu, örnek işletmelerin tanıtılması yoluyla bilinçlendirme çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir. Atıklar konusunda pasif eylemdeki çiftçileri dürterek harekete geçmeleri sağlanmalı bu belki doğrudan belki de dolaylı olarak üretilen plastiklerin etiketleme kısmında üzerine "geri dönüşüm/kazanıma bırak" logosunun yer alması veya yönlendirmesinin yapılması atıkların toplanmasında bir etken olarak değerlendirilmelidir.

Çiftçilerin plastik atık toplamalarını teşvik etmek adına plastiklere depozito verilmesi konusunda beklentisi bulunmaktadır. Beklentiyi karşılamada yeni uygulamalar geliştirilebilir. Örneğin tarım ilaçlarında uygulanan bitki koruma ürünleri takip sisteminin, pestisit şişeleri/kapları gibi plastik atıkların toplanmasında da geçerli olması faydalı olacaktır. Hâlihazırda uygulama altyapısı olan bir sistem olduğu için uygulanabilir görülmektedir. Aynı zamanda depozito uygulamasının da bu yolla sağlanması mümkün görünmektedir. Burada üreten ve tüketenin katılımları sağlanarak başarı elde edilmesi kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca hem atıklar kayıt altında tutulacak, hem de bu tür tehlikeli atıkların çevrede dolaşması engellenmiş olacaktır.

Çiftçilerin %46,7'si plastik atıklar konusunda yeterince tedbir almadığını belirtmekte ve yeterli tedbir almalarını kısıtlayan faktörlerin başında da geri dönüşüm kutularının olmamasını göstermektedir. Burada tarım işletmelerinde sürdürülebilir bir atık yönetimi sağlanması adına işletmelere plastik atık toplama kutuları konulması veya plastik atma noktaları belirlenerek plastiklerin bu noktalarda toplanması sürdürülebilir atık yönetim etkinliğini artıracaktır. Etkin çevre yönetiminde, tarım ve diğer sektörlerde plastik malzeme sağlayan ve plastik içerisinde ürün pazarlayan firmaların da atıklardan sorumlu olduğunu bilmesi ve atıkların azaltılmasına odaklanması sağlanmalıdır. Bu durum, firmalarda farkındalık yaratacak şekilde hatırlatılmalı hatta teşvik edilmelidir. Bu çerçevede, geri dönüşümü/kazanımı teşvik eden veya sağlayan işletmelere destekler sağlanabilir. Aynı şekilde biyoplastik kullanımına ilgi artırılabilir.

Araştırmada, ikili logit modelden yararlanılarak, çiftçilerin işletmelerdeki plastik atıkların toplanmasına destek vermeye istekli olmasını etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, üreticilerin plastik atık konusunda duyarlılığını etkileyen faktörler, atıkların minimum düzeyde olması, toplanıp işlenmesi ve geri dönüştürülmesini ülke ekonomisi için önemli görmesidir. Bu da, çiftçilere iyi anlatılması durumunda, tarımda plastik kullanımı ve geri dönüşümü konusunda uygulanacak politikaların başarılı olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada edinilen deneyimler sonucunda, tarımda plastik atıkların yönetilmesi konusunda yeni bir kavram ortaya atılmıştır: Environ oranı. İlgili alanda faaliyet gösteren firmaların üretim-maliyet-kâr hesapları, sürecin başlangıcında ele alınır. Ancak sürecin başlangıcında ne kadar atık oluşacağı, geri dönüştürüleceği/kazanılacağı planlaması zayıf kalmakta hatta eksik bırakılmaktadır. Environ oranı, firmaların faaliyetlerine başlamadan önce ortaya çıkacak atıklarının asgari geri dönüşüm veya kazanım oranını ifade etmektedir. Bu oranın yüksek olması işletmenin atık yönetim başarısını ortaya koymaktadır. Environ oranı, işletmelerin belirleyeceği serbest bir oran olarak kullanılabileceği gibi karar alıcıların çevresel sürdürülebilirliği sağlamak adına belirleyeceği zorunlu bir oran olarak da kullanılabilir. Environ oranının besleneceği iki önemli kaynak vardır, üretimde ne kadar biyoplastik veya geri dönüştürülmüş/kazanılmış malzeme kullanılmakta ve üretilen ürünlerden kaynaklı ortaya çıkan atıkların ne kadarı geri dönüşümü/kazanıma kazandırılmaktadır. Bu iki kaynak çifte çaba gerektirir, örneğin bir sulama sisteminde kullanılan plastiklerin üretilen her bir birim plastiğin %15 geri dönüştürülmüş malzeme içermesi ve üretilen sulama sistemindeki plastik atıkların da %15 geri dönüştürülmesi/kazanılması environ oranının gerçekleşmesini temsil eder.

Sonuç olarak plastik atık önleme ve geri dönüşüm/kazanım konusunda farkındalık yaratmak, çevresel çabayı kişisel olarak geliştirmek, verimli planlamaya yön vermek, takdir ve teşvikin bir arada olması, başarının örneklendirilmesi ve fırsatlar sunulması, çiftçileri atık yönetiminde etkileyici dinamikler olarak cezbetmektedir. Çiftçi katılımının, yalnızca tek taraflı değil bir bütün olarak hareket edildiğinde, üreten-tüketen-bertaraf edenin iş birliği, paydaşların katılımı ile en verimli sonuç elde edilecektir. Atık akışının ve yönetim sürecinin basitleştirilmesi aynı zamanda sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygulanabilir hale getirilmesi bu çalışmaların etkinliğinde rol oynayacaktır.

Bu çalışma, alanında bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Tarımdan kaynaklanan plastik atıklar konusunu farklı açılardan inceleyen detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Uluslararası düzeyde de bu alandaki boşluk dikkate alındığında, özellikle işletme düzeyindeki çalışmalar önemlidir. Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara yol göstereceğine inanılmaktadır.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: SD, EA; örnek toplama: SD; verilerin analizi ve yorumlanması: SD, EA; istatistiksel analiz: SD, EA; görselleştirme: SD; makalenin yazımı: SD, EA.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği kurulu tarafından 27/05/2020 tarihli, 79287577 sayılı belge numarasıyla onay almıştır.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü H. Ece SALALI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ağır, H. & C. Akbay, 2018. Üreticilerin besi sığırcılığı desteklerinden yararlanması üzerine etkili faktörler. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21 (5): 738-744.
- Akyüz, A. & E. Atış, 2022. Üreticilerin iklim değişikliğine uyum çerçevesinde çevresel tutumlarının belirlenmesi: Küçük Menderes havzası örneği. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 59 (3): 557-566, <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1063327>
- Andrea, V., P. Mpeza, D. Barelos & C. Stylios, 2020. Unraveling the role of plastic waste pollution in the Amvrakikos Wetlands National Park, Greece: The Stakeholders' Views. Journal of Marine Science and Engineering, 8: 549.
- Atış, E., H.E. Salalı, Y. Akyüz, V. Ceyhan, H. Türkten, Ç. Yıldırım, M. Hasdemir & F.U. Güngör, 2018. "Çiftçilere göre gelecekte uygulanacak politikalarda çevrenin önceliği, 836-843". Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, (26-28 Ekim 2018, Aydın) Kongre Kitabı, 2018, Cilt:1, Sayı:1, 2220 s.
- Bondori, A., A. Bagheri & M.S. Allahyari, 2019. Pesticide waste disposal among farmers of Moghan region of Iran: current trends and determinants of behavior. Environmental Monitoring & Assessment, 191: 30.
- Briassoulis, D., E. Babou, M. Hiskakis, G. Scarascia, P. Picuno, D. Guarde & C. Dejean, 2013. Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe. Waste Management & Research, 31 (12): 1262-1278.
- Briassoulis, D., M. Hiskakis, H. Karasali & C. Briassoulis, 2014. Design of a European agrochemical plastic packaging waste management scheme - Pilot implementation in Greece. Resources, Conservation and Recycling, 87: 72-88.
- Damalas, C.A., G.K. Telidis & S.D. Thanos, 2008. Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use. Science of the Total Environment, 390: 341-345.
- Dan, G. & A. Sandy, 2015. Disposal of farm medical wastes. Cooperative Extension Bulletin UA 16.34 (Serial-00034). Michigan State University. (Web page: <https://maeap.org/wp-content/uploads/2019/03/Disposal-of-Farm-Medical-Wastes.pdf>) (Date accessed: January, 2020).
- FAO, 2021. Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action. Rome. (Web page: <https://doi.org/10.4060/cb7856en>) (Date accessed: July, 2022).
- Gomez, S. P., 2008. "Protected horticulture and environment. an integral decision model for greenhouse waste management in southeastern Spain, 8-20". European Association of Agricultural Economists (EAAE) 107th Seminar, January 30-February 1, 2008, Sevilla, Spain, 6399 pp. (Web page: <https://ageconsearch.umn.edu/record/6399?ln=en>) (Date accessed: June, 2022).
- Goodman, S. P., L. Lockshin & E. Cohen, 2005. "Best-worst scaling: a simple method to determine drinks and wine style preferences, 1-16". 2nd International Wine Marketing and Business Conference, (8-9 July 2005, Sonoma State University, Rohnert Park, CA, USA), 16 pp. (Web page: https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/33743/1/hdl_33743.pdf) (Date accessed: June, 2022).

- Gündoğdu, S. & B. Kaydan, 2019a. Tarımsal faaliyetler ve plastik kirliliği. *Tarla Sera*, 6: 76-78. <http://aves.cu.edu.tr/YayinGoster.aspx?>
- Gündoğdu, S. & B. Kaydan, 2019b. Plastik çöp ithalatı çevreyi ve tarımı tehdit ediyor. *Tarla Sera*, 10: 80-83. <http://aves.cu.edu.tr/YayinGoster.aspx?>
- IBM, 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ikeguchi, T. & M. Tanaka, 1999. Experimental study on dioxins emission from open burning simulation of selected wastes. *Organohalogen Compounds*, 41: 507-510.
- Lagervist, J. C., 2013. Consumer preferences for food labelling attributes: comparing direct ranking and best-worst scaling for measurement of attribute importance, preference intensity and attribute dominance. *Food Quality and Preferences*, 29 (2): 77-88.
- Miran, B., 2002. Temel İstatistik. Ege Üniversitesi Yayınevi, Bornova, İzmir, 296 s.
- Newbold, P., 1995. Statistics for Business and Economics, Prentice Hall Inc., USA. 1016 pp.
- Picuno, P., 2014. Innovative material and improved technical design for a sustainable exploitation of agricultural plastic film polymer. *Plastics Technology and Engineering*, 53 (10): 1000-1011.
- Salalı, H. E., E. Atış & C. Günden, 2019. Su kaynaklarının korunmasında yerel tohum çeşitlerinin rolü üzerine çiftçi görüşleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25 (2): 133-139.
- Sanchez, N., 2020. Los plásticos de la agricultura inundan Almería. In: *El Pais*. (Web page: <https://elpais.com/america/sociedad/2020-11-06/losplasticosdelaagricultura-inundan-almeria.html>) (Date accessed: June, 2022).
- Scarascia-Mugnozza, G., C. Sica & G. Giovanni Russo, 2011. Plastic materials in European agriculture: Actual use and perspectives. *Journal of Agricultural Engineering*, 3: 15-28.
- Sheavly, S.B., 2005. "Marine debris-an overview of a critical issue for our oceans, 7". 6th Meeting of the UN Open-Ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea, 6-10 June 2005, New York, USA, 457 pp.
- Tabachnick, B.G. & L.S. Fidell, 2001. Using Multivariate Statistics, John Wiley&Sons New York, Inc. 980 pp.
- WWF & BOÜN, 2021. Türkiye'de Plastik Atık Sorunu ve Politika Önerileri. *plastikwebkucuk_1.pdf*. WWF ve Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, 74 s.
- Yavuz, G.G., B. Miran & T. Özüdoğru, 2015. "Türkiye'de tahıl üreticilerinin tarımsal amaçları ve üretimlerini sürdürme eğilimleri, 243-249". International Conference on Eurasian Economies, (September 2015 Kazan, Russia), 914 s.



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):101-116

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1492790>

Kübra YAZICI ^{1*}

Melek KAPLAN ²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 66100
Merkez, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü
Eğitim Ens., Tarım Bilimleri Anabilim
Dalı/YOBU Yapı İşleri Müdürlüğü, 66100
Merkez, Yozgat, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

k-yazici-karaman@hotmail.com

Sürdürülebilir üniversite modeli açısından Yozgat Bozok Üniversitesi'nin yeşil yönetim sistemi kapsamında performans değerlendirilmesi

Performance evaluation of Yozgat Bozok University
within the scope of green management system in
terms of sustainable university model

* Bu makale Melek KAPLAN'ın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 30.05.2024

Accepted (Kabul Tarihi):05.10.2024.

ÖZ

Amaç: Sürdürülebilir kampüs modelinde, UI GreenMetric kriterleri kullanılarak, değişen dünyaya karşı koruyucu önlemler alması, sürdürülebilir kampüs modelinin oluşturulması hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem: UI GreenMetric Dünya Üniversiteler Sıralaması Kılavuzu, UI GreenMetric Ölçüm Sistemi Kriterleri ve Göstergeleri'nden faydalanılmıştır. Ayrıca çalışma alanına ait planlar, paftalar vb. kaynaklar planlama aşamasının temel kaynağını oluşturmaktadır.

Araştırma Bulguları: Sürdürülebilir kampüs planlama ve tasarımlarda, karbon ayak izi ve iklim değişikliğinin azaltılması, yağmur suyu yönetimi, atık suların geri kazanılması, katı atıkların geri dönüştürülmesi, kampüs açık-yeşil alanların nitelikleri ve miktarları gibi konuların önemli olduğu görülmüş ve öneri kampüs peyzaj planlaması yapılmıştır.

Sonuç: Sürdürülebilir ve yeşil üniversite için yapılan işlerin raporlanması ve değerlendirilmesi önemlidir. Değişim ve gelişime göre yeniden programlanması ve planlanması gerekmektedir.

ABSTRACT

Objective: As a sustainable campus model, by using UI GreenMetric criteria, it was aimed to take protective measures against the changing world and to create a sustainable campus model.

Material and Method: UI GreenMetric Ranking Guide, UI GreenMetric Measurement System Criteria and Indicators were utilized. In addition, plans, layouts, etc. of the study area constitute the main source of the planning phase.

Research Findings: In the planning and design of a sustainable campus, issues such as carbon footprint and climate change mitigation, storm water management, wastewater recycling, solid waste recycling, qualities and quantities of campus open-green areas were found to be important, and a proposed campus landscape planning was made.

Conclusion: It is important to report and evaluate the work done for a sustainable and green university. It needs to be reprogrammed and planned according to change and development.

Anahtar sözcükler: GreenMetric kriterleri,
kampüs, peyzaj planlama, sürdürülebilirlik

Keywords: GreenMetric criteria, campus,
landscape planning, sustainability

GİRİŞ

İnsanlar ihtiyaçlarını karşılamak için gelişime, değişime ve tüketime daha fazla odaklanmaya başlamışlardır. Hızlı nüfus artışı ile, gelişim-değişim ve tüketim terazisinde oluşan eşitsizlik, bilinçsiz tüketime yol açmıştır. Başlangıçta tehditkâr gibi görünmeyen bu dengesizlik, insanların daha konforlu bir yaşam arzusu, kişilerin ve milletlerin bencil istekleri nedeniyle yaptıkları faaliyetler sonucunda, son yıllarda giderek daha belirgin hale gelmiştir. Örneğin, çevre kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği, su kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi, sel baskınları, kuraklık, salgın hastalıklar, savaşlar, kentleşme, göçler ve gürültü kirliliği gibi çeşitli sorunlar dünyayı daha da tehlikeli hale getirmiştir (Malkoç True & Kılıçarslan Deniz, 2012; Çon & Polat, 2020; Benison & Payne, 2022). Bu durumlar, insan yaşamını ve ekolojik yaşam döngüsünün devamlılığını etkileyebilecek sorunları azaltmak ve önlemek için ne yapılması gerektiği konusunda düşünmeye yol açmıştır ve sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmıştır.

Sürdürülebilirlik, dünyada ekosistem içerisinde birbirleriyle etkileşim halinde bulunan tüm canlıların kullandığı kaynakların, bugün ve gelecekte azalması ve yok olması tehditlerine karşı oluşturulmuş bir sistem türüdür (Gülgün et al., 2014; Özdal Oktay & Özyılmaz Küçükyağcı, 2015; Öktem, 2016; Altuğ & Malkoç True, 2021; Aşur et al., 2022; Yazici & Kaplan, 2022). Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların korunmasında, zarar gören ekosistemin iyileştirilmesinde, enerjinin korunarak verimliliğin sağlanmasında, sosyal ve ekonomik refahın oluşumunda ve ayrıca sosyal katılımın sağlanmasında önemli rol üstlenmektedir (Gülgün & Yazici, 2016; Yazici vd., 2018; Qadis et al., 2019; Gülgün & Akça, 2020). Üstlendiği roller ile zaman içinde sürdürülebilirlik kavramının önemi daha da artmıştır ve gerçek ve tüzel kişiler tarafından sürdürülebilirlik hedefli birçok rapor, konferans, anlaşma, kurum ve kuruluşlar tarafından amaç haline gelmiştir. Örnekler arasında Brundtland Raporu (1987), Uluslararası Sürdürülebilirlik Raporu (1999), BM İklim Değişikliği Konferansı (2009), BM Dünya Su Kalkınma Raporu (2020), COP26 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (2021), ISO Uluslararası Standardizasyon Örgütü, CASBEE Çevre Verimliliği Değerlendirme Sistemi ve LEED Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik gibi faaliyetler sürdürülebilirliği hedeflemişlerdir.

Sürdürülebilirlik konusunda, sistemin geliştirilmesi ve uygulanabilmesi, sürekliliğinin sağlanması ve korunması, günümüz ihtiyaçlarının karşılanması gibi şartları sağlayabilecek bilimsel çalışmaların yapılabilirdiği (Yazici & Gülgün, 2017; Artar vd., 2019; Bertiz vd., 2019; Cahnduluru & Sugumaran, 2021) dünyaya seslenmenin en kolay yollarından biri olan üniversitelerin önemli rolleri bulunmaktadır. Üniversiteler, bu avantajlarını kullanarak ülkelerde sürdürülebilir kampüs hedefli kuruluşlar oluşturmuşlardır. Örnek olarak, Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı (ISCN), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından hazırlanan "Yeşil Üniversiteler Rehberi (Greening Universities Toolkit)", Endonezya Üniversitesi'nin kuruculuğunu yaptığı UI GreenMetric System (Yeşil Ölçüm Sistemi) gibi kuruluşlar gösterilebilir. Sürdürülebilirlik konusunda, üniversiteler birçok araştırma ve çalışma yürütmektedir. Bu araştırmalar, sürdürülebilir bir dünya için gerekli olan bilimsel ve teknolojik çözümlerin geliştirilmesi, sürdürülebilirlik konusunda eğitim veren programların oluşturulması, kampüslerin sürdürülebilir hale getirilmesi gibi konularda yürütülmektedir (Ak & Güneş Gölbe, 2021; Ak, 2022; Wojnowski et al., 2022). Üniversiteler, sürdürülebilirliği hedef alan birçok projede yer almaktadır. Örneğin, enerji verimliliği, atık yönetimi, yeşil binalar, sürdürülebilir tarım ve su yönetimi gibi konularda çalışmalar yürütmekte, araştırmalar yapmaktadır. Ayrıca, üniversiteler, sürdürülebilirlik konusunda bilgi ve tecrübe paylaşımını sağlamak amacıyla birçok uluslararası ağda yer almaktadır. Bu ağlar ile sürdürülebilirlik konusunda üniversiteler arasında işbirliği ve bilgi paylaşımını sağlamaktadır.

Sürdürülebilirliği merkez alarak uluslararası platformda kurulmuş olan UI GreenMetric (Yeşil Ölçüm Sistemi) sistemi, sürdürülebilir kampüsler elde etmede gerekli olan planlama ve tasarımları gerçekleştirmek için kullanılabilir. UI GreenMetric değerlendirme sistemi, atık su yönetimi, enerji tasarrufu, iklim değişikliği etkilerinin azaltılması, karbon ayak izinin azaltılması, kampüs açık-yeşil alanlarının kalitesi ve miktarı, kampüs peyzajının ekolojik dengesini kurma ve koruma gibi konuları içermektedir. Üniversiteler, sadece eğitim ve

öğretimin gerçekleştiği kurumlar olmanın yanı sıra, toplum oluşumunda yön gösterici, gelişime ve değişime açık kuruluşlar olarak da önem taşırlar. Üniversiteler, dünyada ve çevresinde yaşanan gelişime ve değişime uyum sağlarken, çevre dostu ve sürdürülebilirlik konularında da öncü olarak ilk adımı atacak kuruluşlardır (Ömürberk vd., 2019; Tosun, 2022; IU GreenMetric, 2023). Son yüzyılda ülkemizde ve dünyada meydana gelen durumlar dikkate alındığında hem günümüz hem de gelecek nesiller için sürdürülebilirlik konusunda adımlar atmak elzem hale gelmiştir. Bu durumda, üniversitelerin sadece ihtiyaç duyulan çevresel ve işlevsel olaylara karşılık vermekle yetinmemesi, aynı zamanda çözümler ve projeler üretmeleri de beklenmektedir. Örneğin, uluslararası alanda sürdürülebilirliği değerlendiren kuruluş olan UI GreenMetric gibi sistemler ile üniversiteler, sosyal, çevresel, ekonomik ve akademik çalışmalar yaparak değişen dünyaya ayak uydurmaya çalışmaktadırlar. Üniversiteler, bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, çevre dostu teknolojileri ve çözümleri üretebilirler. Ayrıca, üniversiteler, sosyal ve çevresel konularda araştırmalar yaparak, toplumun ve çevrenin ihtiyaçlarını karşılamakta ve gelecek nesillere daha sürdürülebilir bir dünya bırakmaktadırlar. Bunun yanı sıra, üniversiteler, sürdürülebilirlik konularını eğitim programlarına dâhil etmekte ve öğrencilerine bu konular hakkında bilgi ve beceri kazandırmaktadırlar.

Bu çalışmada sürdürülebilirliği metodolojik olarak benimseyen uluslararası değerlendirme sistemi olan UI GreenMetric kriterleri kullanılarak, Yozgat Bozok Üniversitesi'nin değişen dünyaya karşı koruyucu önlemler alınmasına, üniversitenin dünyada tanınır ve tercih edilir hale gelmesine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında, sürdürülebilirlik hedefli "yeşil üniversite" tanımlamasına uygun olarak, UI GreenMetric Sistemi kullanılarak henüz sisteme başvurmamış olan Yozgat Bozok Üniversitesi Merkez Kampüsünü incelemek ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda çözümler ve öneriler verilmiştir. UI GreenMetric değerlendirmesi sonucunda, sürdürülebilir bir kampüs için yapılacak planlama ve tasarımlarda, karbon ayak izi ve iklim değişikliğinin azaltılması, yağmur suyu yönetimi, atık suların geri kazanılması, katı atıkların geri dönüştürülmesi, kampüs açık-yeşil alanların nitelikleri ve miktarları gibi konularını ele alan peyzaj özelinde üniversitenin master planı oluşturulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini Yozgat ili sınırları içerisinde yer alan Yozgat Bozok Üniversitesi'nin Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü oluşturmaktadır. Üniversitenin yer aldığı Yozgat kenti, İç Anadolu'nun Orta Kızılırmak bölümünde Bozok yaylasının eteğinde yer almaktadır. Kayseri, Sivas, Nevşehir, Çorum gibi komşu illere sahiptir. 14.074 km² yüzölçümlü, 418 bin 442 nüfusa sahip bir kenttir. Resmi kuruluş tarihi 2006 olan Yozgat Bozok Üniversite'nin altyapısı daha eskilere dayanmaktadır. 1982 yılında Erciyes Üniversitesine bağlı olarak kurulan üniversite Yozgat Meslek Yüksekokulu ile başlayarak 1989 yılında Gazi Üniversitesine bağlı diğer Meslek Yüksekokulu'nun da kurulmasıyla Yozgat kentinde üniversite kurulumu için adımlar atılmıştır. 1992 yılında Erciyes Üniversitesine bünyesinde kurulmuş olan Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ve Ziraat Fakültesi, 1994 yılında Fen-Edebiyat Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi ve 1996 yılında da Sağlık Yüksekokulu ile devam etmiştir. Mevcut yapıda 14 Fakültesi, 4 Yüksekokulu, 8 Meslek Yüksekokulu bulunmaktadır. 23.877 öğrenci, 964 akademik personel ve 1140 idari personel ile üniversite hayatını devam ettirmektedir.

Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü içerisinde mevcutta 14 Fakülte, 1 Yüksekokul, 1 Meslek Yüksekokulu, 2 Enstitü, 1 Araştırma ve Uygulama Hastanesi, 1 Teknopark, 1 laboratuvar binası, 1 Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, 1 Kariyer Merkezi binası, 1 Misafirhane, 1 Merkezi Yemekhane, 1 Merkezi Kütüphane, 1 Cami ve Külliye, 1 Uygulama Cami, 1 Kenevir Binası, 1 Kongre ve Kültür Merkezi, 1 market, 2 restoran, 1 henüz açılmamış kafe, 1 spor salonu, Kredi Yurtlar Kurumu'na bağlı 1 Erkek Öğrenci Yurdu, 1 Kız Öğrenci Yurdu, 1 spor salonu, spor kompleksi (açık tribünlü futbol sahası, kapalı halı saha, basketbol sahası) bulunmaktadır (YOBU faaliyet Raporu, 2022). Kampüs, Yozgat-Boğazlıyan-Kayseri Yolu, Atatürk Yolu 7.km'de 4.070.000 m²'lik bir alanda konumlandırılmıştır. Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü olarak iki yerleşke olarak adlandırılması karayollarının bölmüş olmasından kaynaklanmaktadır. Kampüsün deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1300 m'dir.



Şekil 1. Yozgat Bozok Üniversitesi Uydu görüntüsü (a); Yozgat Bozok Üniversitesi genel görünümü (b) (Kaynak:YOBÜ, resmi web sayfası).

Figure 1. Yozgat Bozok University Satellite image (a); General view of Yozgat Bozok University (b) (Source: YOBÜ, official website).

Çalışmanın diğer materyallerini: UI GreenMetric Dünya Üniversiteler Sıralaması Kılavuzu, UI GreenMetric Ölçüm Sistemi Kriterleri ve Göstergeleri, kıyaslama yapabilmek için UI GreenMetric dünya sıralamasına giren ulusal ve uluslararası üniversitelere ait verileri, YOBÜ Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü'ne ait çekilmiş fotoğraflar ve çalışma alanını içeren paftalar, planlar, çeşitli raporlar ve dijital kaynaklar oluşturmaktadır.

Çalışma 2022-2023 yılları arasında yürütülmüştür. Kuramsal literatür araştırmasının ardından, söz konusu Yozgat Bozok Üniversitesi Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü'nün peyzaj master planlarının hazırlanabilmesi için, çalışma alanına ait veriler toplanmıştır. Alanın coğrafi koşulları ve çevresel etkiler hakkında bilgi edinebilmek için gerekli olan yazınsal, dijital ve görsel kaynaklara erişebilmek için gerekli kurum ve kuruluşlardan veriler alınmıştır. Çalışma alanında yerinde gözlem yapılarak mevcut durumu gösteren fotoğraflar çekilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler ile UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'nde kampüs alanı analiz edilmiştir. Yozgat Bozok Üniversitesi kampüslerinin peyzaj master planının hazırlanması aşamasında, UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'nin kriterleri göz önünde bulundurularak planlama ve tasarım sürecine başlanmıştır.

UI GreenMetric sisteminde bulunan her kategori altında yer alan kriterler belirtilen şartlara göre yeterlilik durumuna göre puanlama yapılmaktadır. Her parametre sayısal olarak puanlandırılıp kriterler, kendine özgü olan denklemler ile hesaplanarak sayısal olarak puanlanmaktadır. UI GreenMetric sisteminde yer alan kategorilerin alt başlığında yer alan kriter/göstergeler ve parametreler UI GreenMetric Kılavuzu, (2022)'e göre 6 Ana kriterden oluşmuştur. Yapı ve Alt Yapı (11 alt kriter), Enerji ve İklim değişikliği (10 alt kriter), Atık (6 alt kriter), Su (5 alt kriter), ulaşım (8 alt kriter), Eğitim Araştırma (11 alt kriter) oluşmaktadır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Yozgat Bozok Üniversitesi Bina Analizi

Üniversiteye bağlı olarak çalışan Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan edinilen bilgiye göre kampüs içerisinde yer alan akademik binalar, idari binalar, sağlık hizmetine yönelik mekânlar, sosyo-kültürel binaların kapladığı toplam alan 92.772 m²'dir. Merkez kampüste; 10 fakülte binası, 1 yüksekokul, 1 meslek yüksekokulu, 7 eğitim ve araştırma amaçlı bina, 2 idari birim binası, 1 araştırma ve uygulama hastanesi, 2 kongre/konferans binası, 1 kütüphane, 8 sosyo-kültürel bina ve 2 spor tesisi ve arıtma tesisi mevcuttur.

Yozgat Bozok Üniversitesi Yeşil Alan Analizi

Yozgat Bozok Üniversitesi'nin ormanla kaplı alan bölümü Google Earth aracılığı ile hesaplanmıştır ve yaklaşık olarak 259.187 m² olarak bulunmuştur. Ekili ve dikili alanlar ise kampüs arazisinde yerinde gözlem yapılmıştır. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan alınan vaziyet proje ile eşleştirilmesi yapılmıştır. Merkez kampüsteki ekili ve dikili alanlar yaklaşık olarak 154.457 m² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Yozgat Bozok Üniversitesi Yeşil alan görüntüsü (a); Yozgat Bozok Üniversitesi Yeşil alan görüntüsü (b).

Figure 2. Yozgat Bozok University Green area image (a); Yozgat Bozok University Green area image (b).

Yozgat Bozok Üniversitesi Ulaşım Altyapı Analizi

Yozgat Bozok Üniversitesi'ne ait iki merkez kampüse sahip olmasının nedeni kampüsü ikiye bölen Kayseri-Yozgat karayolunun geçmesidir. Mevcut ring yolu kampüsteki binalara ulaşımın kolay sağlandığı güzergâhtan oluşmaktadır. Kampüste belediyenin oluşturduğu YOBİS (Yozgat bisiklet) uygulaması Covid-19 öncesinde oluşturulan bisiklet park yeri mevcuttur. Ancak pandemi ile birlikte bisikletler geri alınmıştır. Kampüste bisiklet yolu bulunmamaktadır. Kampüs genelinde araç yolunun yanı sıra genellikle yayalar için kaldırımlar mevcuttur.



Şekil 3. Yozgat Bozok Üniversitesi ulaşım (a); Yozgat Bozok Üniversitesi giriş (b).

Figure 3. Yozgat Bozok University transportation (a); Yozgat Bozok University entrance (b).

Yozgat Bozok Üniversitesi'ni Elde Edilen Verilerle UI GreenMetric Kriterlerine Göre Değerlendirme

Yapı ve Altyapı (SI): Sürdürülebilirlik çabaları için üniversite bütçesinin yüzdesi (SI6), üniversite 2022 yılında toplam 555.093.288 TL ödenek almıştır. Ancak sürdürülebilirlikle ilgili çalışmalar için ayrılmış bir bütçe olduğu verisine ulaşamamıştır. Koruma: orta veya uzun vadeli koruma tesislerinde güvence altına alınan flora, fauna ve yaban hayatı, gıda ve tarım için genetik kaynaklar (SI11) hakkında herhangi bir veriye ulaşamamıştır. Açık alanların toplam alana oranı (SI1): Toplam kampüs alanı miktarından kampüs toplam kapalı alan miktarı çıkarılırsa toplam açık alan miktarı ortaya çıkacaktır. Kampüs toplam kapalı alan miktarı vaziyet planı ölçüsü hesaplamasında 92.772 m² ölçülmüştür. Toplam kampüs alan miktarı ise 4.070.000 m²'dir.

$$\text{Açık alan miktarı} = 4.070.000 - 92.772 = 3.977.228 \text{ m}^2$$

Açık alan miktarı toplam alan miktarına oranlandığında %97'lik bir yüzde ortaya çıkmaktadır. Bu oran UI GreenMetric sisteminde üniversiteye 150 puan kazandırmaktadır. Orman bitki örtüsüyle kaplı kampüsteki toplam alan (SI2): Kampüs orman bitki örtüsüyle kaplı alan miktarı 259.187 m²'dir. Orman bitki örtüsüyle kaplı alanı tüm alana oranlandığında %6'lık dilime girmektedir. Sistemde 25 puan kazandırmaktadır. Ekilen bitki örtüsüyle kaplı kampüsteki toplam alan (SI3): Kampüs vaziyet planı ve yerinde gözlem sonucu ekili ve dikili alan miktarı 154.457 m² olarak tespit edilmiştir. Kampüs toplam alana göre %4'lük kısmı kapsamaktadır. Sistem değerlendirmesinde 10 puan kazandırmıştır. Orman alanı ve ekili bitki örtüsünün yanı sıra su emilimi için kampüsteki toplam alan (SI4): Kampüs içerisinde su emilimi sağlayan alanlar doğal yeşil alanlar ve toprak zeminlerden oluşmaktadır. Su emici özelliği gösteren geçirimli yüzeyler hakkında veriye ulaşılamamıştır. Vaziyet plan üzerinde yapılan hesaplamalarda su emici alanlar 2.910.847 m²'lik alandan oluşmaktadır. Ancak kampüs arazi geneli kayalık zemine sahiptir. Kampüs geneline oranladığımızda kampüsün %71,5'ini kapladığı görülmüştür. Sistemde 100 puan kazandırmıştır.

Toplam açık alan alanının toplam kampüs nüfusuna bölümü (SI5): Toplam açık alan (3.977.228 m²) kampüs toplam nüfusuna oranı yapıldığında kişi başına 225 m²/kişi düşmektedir. Sistemde 200 puan kazandırmıştır. Kampüs öğrenci nüfusu: 15.921 kişi, Kampüs akademik personel sayısı: 689 kişi, Kampüs idari personel sayısı: 630 kişi, Kampüs çalışan işçi sayısı: 364 kişi, Hastane çalışan sayısı: 723 kişi, YOBÜ Hastanesi yıllık hasta sayısı: 89.471 kişi, Kampüs nüfusu: 107.798 kişidir.

Bir yıllık dönemde binanın işletme ve bakım faaliyetlerinin yüzdesi (SI7): Üniversitenin Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiye göre 2022 yılında 15.000.000 ödenek alınmıştır. Kapsadığı alanlar altyapı ve binalardır. Bina bakımları için harcanan miktarın %80 civarında olduğu bilgisi alınmıştır. Bu oran sistemde 75 puan kazandırmaktadır. Engelliler, özel ihtiyaçlar ve/veya doğum bakımı için kampüs tesisleri (SI8): Engelliler Danışma ve Koordinasyon Yönetmeliği çerçevesinde 2009-2010 öğretim Güz döneminde Engelsiz Bozok adıyla kurulmuştur. 2015 yılında Engelli Öğrenci Birimi adını almıştır. Fen-Edebiyat Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ek bina, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ziraat Fakültesi'nde mekâna erişim için hissedilebilir yol yapımı mevcuttur. Akdağmadeni Meslek Yüksekokulu ve Çekerek Fuat Oktay Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu'nda da erişim sağlanmaktadır. Merkez kampüste bulunan fakültelerde hissedilebilir yol yapımı devam etmektedir. Ayrıca kampüs yürüme yollarında da bölgesel olarak engelli rampaları ve hissedilebilir yollar yapılmıştır. Sistemde 75 puan kazandırmıştır.

Güvenlik ve güvenlik tesisleri (SI9): Güvenlik biriminden alınan bilgilere göre bina giriş çıkışlarında kamera sistemleri, kampüse giriş ve çıkışlarda bariyer sistemi (plaka okuma sistemi), yangın alarm sistemleri, acil durum afet durumundan toplanma alanları mevcuttur ve 57 güvenlik personeli çalışmaktadır. Sistemde 50 puan kazandırmıştır.

Öğrenciler, akademisyenler ve idari personelin refahı için sağlık altyapı tesisleri (SI10): Öğrenciler, akademisyenler ve personeller için kampüs içerisinde sağlık ocağı, diş hekimliği, psikolog, diyetisyen vardır. Ayrıca üniversitenin kampüs içerisinde Araştırma ve Uygulama Hastanesi vardır. İlk yardım, acil servis, klinik, hastane ve sertifikalı personel mevcut ve halka açıktır. Sistemde 100 puan kazandırmıştır.

Enerji ve İklim Değişikliği (EC): Kampüste; akıllı bina uygulaması (EC2), yenilenebilir enerji kaynağı (EC3), yeşil bina uygulamaları (EC6), sera gazı emisyonu azaltma programı (EC7), enerji ve iklim değişikliği alanındaki yenilikçi program (lar)ın sayısı (EC9) ve iklim değişikliği üzerinde etkili üniversite program (lar)ın sayısı (EC10) kriterlerini sağlayan herhangi bir uygulama, program bulunmamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı bulunmadığından enerji ve iklim değişikliğinin EC5 kriteri (Yenilenebilir enerji üretiminin yıllık toplam enerji kullanımına bölünmesiyle elde edilen oran) hesaplanamamaktadır.

Enerji tasarruflu cihaz kullanımı (EC1): Enerji tasarruflu cihaz kullanımı yapılsa da geleneksel olarak kullanılan cihazların verisine ulaşılamadığından UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'nden puan elde edememiştir. Toplam elektrik kullanımının toplam kampüs nüfusuna bölümü (kişi başına kWh) (EC4): Kampüs nüfusu toplamda 107.798 kişidir. Kampüste 2022 yılında elektrik kullanımı; kampüs binalarında 4.080.000

kWh, araştırma ve uygulama hastanesinde 3.969.972 kWh'dır. Elde edilen verilere göre kişi başına düşen elektrik kullanımı 74 kWh'dır. Kriter sistemde 300 puan kazandırmıştır.

Toplam karbon ayak izi toplam kampüs nüfusu (kişi başına metrik ton) (EC8): Kampüs nüfusu: 107.798 kişi

Elektrik kullanımı (yıllık): (kampüs) 4.080.000 + (hastane) 3.969.972 kWh = 8.049.972 kWh, Doğalgaz (yıllık): (kampüs) 1.769.676 m³ + (hastane) 537.218 = 2.306.894 m³

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu)'ya göre 1 m³ = 10,64 kWh ile eş değerdir. Üniversitenin doğalgaz tüketimini kWh cinsinden hesaplırsak 24.545.352,16 kWh etmektedir.

UI GreenMetric değerlendirme sisteminin önermiş olduğu elektrik ve doğalgaz tüketim miktarı metrik ton değerine dönüştürülmüştür. 7.920,17 metrik ton ("Carbon Footprint", t.y.)

Kişi başına; 7.920,17/107.798 = 0.07 metrik ton

Atık (WS): Kampüste kâğıt ve plastik kullanımını azaltma programı (WS2) bulunmamaktadır. Organik atıkların işlenmesi (WS3) ve inorganik atıkların işlenmesi (WS4) kriterleri için sıfır atık projesi uygulamasında vardır belediyeye teslim edilmektedir. Ancak işleme oranları hakkında bilgiye ulaşılamamıştır.

Üniversite atıkları için 3R (Azalt, Yeniden kullan, Geri dönüştür) programı (WS1): Üniversite web sitesinde sıfır atık sayfası oluşturularak bina bazında veri giriş portalı oluşturmuştur. Ahşap, pil, bitkisel yağ, cam, elektronik, kâğıt, kompozit, metal, organik, plastik, tekstil ve tıbbi atık olmak üzere 12 türde atık sistemi oluşturulmuştur.

Toplamda 10.541,89 kg atık hesaplanmıştır. Toplanan atıklar belediyenin sözleşme yaptığı firmalar tarafından atık toplama merkezlerine alınmaktadır.

Zehirli atıkların işlenmesi (WS5): Araştırma ve uygulama hastanesinden alınan bilgiye göre hastanenin oluşturduğu zehirli atıkların tamamını belediyeye teslim ederek kampüs alanından uzaklaştırmaktadır. Sistemde tam puan olan 300 puanı almıştır.

Kanalizasyon atıklarının bertarafı (WS6): Binalardan gelen atık sular kampüs içerisinde bulunan arıtma tesisine ulaşmaktadır. Ancak yeniden kullanımı için herhangi bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Sistemde 75 puan kazandırmıştır.

Su (WR): Su tasarruflu program ve uygulaması (WR1), su geri dönüşüm programı (WR2), arıtılmış su tüketimi (WR4) kriterleri karşılanmamaktadır. Kampüs alanında su kirliliği kontrolü (WR5) hakkında herhangi bir veri elde edilememiştir. Su tasarruflu cihaz kullanımı (WR3): Kampüs bina lavabolarının yaklaşık %20'sinde selenoid batarya kullanımı yapılmaktadır. Sistemde 50 puan kazandırmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yozgat Bozok Üniversitesi su varlığı (a); Yozgat Bozok Üniversitesi su varlığı genel görünümü (b).

Figure 4. Yozgat Bozok University availability of water; Yozgat Bozok University general image of availability water (b).

Ulaşım (TR): UI GreenMetric değerlendirme sistemi ulaşım kategorisinde kampüste sıfır emisyonlu araçlar (ZEV) politikası (TR3), sıfır emisyonlu araç bulunmadığından sıfır emisyonlu araç sayısının toplam kampüs nüfusuna oranı (TR4) kriterlerinden puan alamamıştır. Son 3 yıldır (2019'dan 2021'e kadar) kampüsteki park alanını sınırlama veya azaltma programı (TR6), Kampüste özel araçların azaltılmasına yönelik girişim sayısı (TR7) bulunmamaktadır. Toplam kampüs nüfusuna bölünen toplam araç sayısı (arabalar ve motosikletler) (TR1): Akademik personel, idari personel ve öğrenci adına kampüste araç tanıtma sisteminde 1608 araç kayıtlıdır. Üniversite adına kayıtlı araçlar ise 3 ambulans, 1 sulama tankeri, 7 otobüs, 2 traktör, 1 kepçe ve 11 otomobil mevcuttur. Kampüste bulunan toplam araç sayısı 1633'tür. Toplam kampüs nüfusuna göre kişi başına 0,02'dur. Sistemde tam puan kazandırmaktadır.

Servis hizmetleri (TR2): Üniversiteye ait otobüslerle personellere yönelik sabah ve akşam geliş-gidişler için servis hizmeti uygulanmaktadır. Ayrıca mesai saatleri içerisinde kampüs içi servis hizmeti vermektedir. Servis hizmeti kriteri sistemde 225 puan kazandırmıştır.

Otopark alanının toplam kampüs alanına oranı (TR5): Kampüste bulunan toplam otopark alanı 62.247 m²'dir. Toplam kampüs alanının 4.070.000 m²'ye oranladığımızda %1,53'lük alanı kapsamaktadır. UI GreenMetric değerlendirmesinde 150 puan kazandırmıştır.

Kampüsteki yaya yolu (TR8): Kampüste güvenlik ve konfor amaçlı yaya yolları tasarlanmıştır. Bazı yerlerde engelli dostu olacak bir biçimde tasarlanıp uygulanmıştır.

Eğitim ve Araştırma (ED): Sürdürülebilirlik araştırma fonu hakkında herhangi bir veri elde edilemediğinden ED2 kriteri olan sürdürülebilirlik araştırma fonunun toplam araştırma fonuna oranına ulaşamamaktadır. Sürdürülebilirlik raporu (ED7) bulunmamaktadır. Sürdürülebilirlik derslerinin toplam derslere/konulara oranı (ED1): Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı'ndan elde edilen bilgiye göre 2022-2023 eğitim-öğretim yılının güz ve bahar döneminde toplam verilen ders sayısı 4680'dir. Sürdürülebilirliği konu alan toplamda 65 ders olduğu tespit edilmiştir. UI GreenMetric değerlendirmesindeki kriterlere göre sürdürülebilirlik ders sayısının tüm derslere olan oranı %1,38 olarak hesaplanmıştır. Sistemde 75 puan kazandırmıştır. Sürdürülebilirlik ile ilgili bilimsel yayın sayısı (ED3): Üniversitenin AVESİS programına kayıtlı akademik personeline ait atık yönetimi ve bertarafı, yenilenebilir enerji, sürdürülebilirlik ve çevre, doğa ve peyzaj koruma konulu toplam 78 bilimsel yayın yapılmıştır. Sistemde 100 puan kazandırmıştır. Sürdürülebilirlik ile ilgili etkinlik sayısı (ED4): 2022 ve 2023 yılında sürdürülebilirlikle alakalı sayılabilecek 7 etkinlik yapılmıştır. 1. Çevre Proje Pazarı, Atık Yönetimi ve Sürdürülebilirlik, Dünya Akciğer Kanseri Farkındalık Günü – Ağaç Dikme Etkinliği, Çayıralan Derekemal Köyü Şehit Oğuzhan Atalay Adına Hatıra Ormanı Fidan Çalışması, Milli Ağaçlandırma Günü ve Anadolu Üniversiteler Birliği "1. AR-GE Proje Pazarı" ve Geleneksel Kimya Günleri Kapsamında Ağaç Dikme Etkinliği etkinlikleri düzenlenmiştir. GreenMetric sisteminde üniversiteye ED4 kriteri 100 puan kazandırmıştır.

Yılda sürdürülebilirlik ile ilgili öğrenci dernekleri tarafından düzenlenen etkinlik sayısı (ED5): Öğrencilerin sürdürülebilirliği esas alarak kurmuş olduğu topluluklar; Bozok Hayvan Dostları Topluluğu, Bozok Kuş Gözlem Topluluğu, Bozok Ormancılık Topluluğu, Çevre Sağlığı Topluluğu, Çevre ve Doğa Topluluğu, Doğa ve Ekolojik Gözlem Topluluğu, Doğa ve Yürüyüş Topluluğu, Doğada Yürüyüş Topluluğu, Genç Tema Topluluğu, Tarım Eğitim ve Çevre Gönüllüleri Topluluğu, Yeşil Enerji Topluluğu'dur.

2022 yılında yapılan üniversite öğrencilerinin düzenlediği organizasyon sayısı 11'dir. Düzenlenen organizasyonlar; Kampüsteki Hayvan Dostlarımıza Sağlık Aşılama Ne Dersiniz, 5 Haziran Dünya Çevre Günü: Kampüs Temizliği, Kazankaya Kanyonu Gezisi - Yozgat'ta Yaşayan Kuş Türlerinin Gözlemlenmesi, Gelin Gülü Barajı ve Kadışehri Gezisi – Yozgat'ta Yaşayan Kuş Türlerinin Gözlenmesi, Sağlık İçin Bisiklet, Bu Topraklarda Umut Yeşertiyoruz, Bugünün Fidanları Yarının Nefesleri, Atık Yönetimi ve Sürdürülebilirlik, Her Yönüyle Sokak Hayvanlarını Konuşuyoruz, Köy Okulları / Kardeş Okul Yenileme Projesi – Sırçalı Şehit İdris Öztürk İlköğretim Okulu ve Köy Okulları / Kardeş Okul Yenileme Projesi – Gazipaşa İlkokulu'dur. Sistemde 200 puan kazandırmıştır.

Üniversite tarafından yürütülen sürdürülebilirlik web sitesi (ED6): Sürdürülebilirlik esas alınarak Çevre Proje Pazarı web sitesi tasarlanarak proje yarışmaları yapılmaktadır. Sıfır atık projesi web sitesi oluşturulmuştur. Covid-19 pandemi süreciyle birlikte uzaktan eğitim web sitesi oluşturularak eğitimde süreklilik sağlanmıştır. Elde edilen veriler sistemde 150 puan kazandırmıştır.

Kampüsteki kültürel etkinliklerinin sayısı (ED8): 2022 yılı içerisinde; Mümin Sarıkaya Söyleşi ve Konseri, 58. Kütüphane Haftası Dolayısıyla "Kitap Okuma Şöleni", Okinawa'nın Yerel Ezgileri, "Ebru Sanatı ve Bir Sanatçı" sergisi, Bir Yozgat Hikâyesi "Kara Kızın Ak Sütü" belgeseli, 15 Temmuz Paneli, Belgesel Gösterimi ve Fotoğraf Sergisi, "Yozgat'ta Yaşayan Kuş Türleri" Konulu Sergi olmak üzere 7 kültürel etkinlik düzenlenmiştir. Kültürel etkinlik sayısının kazandırdığı puan 100'dür.

Uluslararası iş birliklerine sahip üniversite sürdürülebilirlik program(lar)ının sayısı (ED9): Uzaktan Eğitim Merkezi ile dersler online gerçekleştirilmiştir ve BOSUYAM (Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi) olmak üzere 2 program kurulmuştur. Programlar sonucu kriterden elde edilen puan 50 olmuştur.

Düzenlenen ve/veya öğrencileri içeren sürdürülebilirlik toplum hizmetleri projelerinin sayısı (ED10): Çevre Proje Pazarı proje yarışması ile sürdürülebilir projeler elde etmek amaçlanmıştır. Üniversite öğrencilerinin tasarladığı "robotaksi" adlı binek otonom aracın kaporta aksamı kenevir kumaşından üretilmiştir. Yine Yozgat Bozok Üniversitesi öğrencilerinin yapmış olduğu kenevir esaslı beton kano takımı projesi bulunmaktadır. Sistemde 75 puan kazandırmıştır.

Sürdürülebilirlikle ilgili girişimlerin sayısı (ED11): Çevre proje pazarı ile sürdürülebilirlik hedeflenmiştir. Sistemde 25 puan kazandırmıştır. Yozgat Bozok Üniversitesi UI GreenMetric değerlendirme sisteminde mevcut verilere göre incelendiğinde toplam 3.435 puan elde etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise Tosun (2022) Atatürk Üniversitesi'ni UI GreenMetric değerlendirmesi ulaştığı verilere göre hesaplamasında 3600 puan elde etmiştir. Bir diğer çalışma olan Ak (2022) ise İzmir Demokrasi Üniversitesi'ni UI GreenMetric kriterlerine göre ulaştığı veriler ve peyzaj master planı doğrultusunda toplamda 3025 puan elde etmiştir. UI GreenMetric değerlendirme sisteminde yapı ve altyapı kategorisi ulaşılabilecek maksimum puan 1500 iken tez konusu olan üniversite toplamda 685 puan elde etmiştir. Ak (2022) aynı kategoride toplamda 1100 puan elde ederken Tosun (2022) 775 puan elde etmiştir. Enerji ve iklim değişikliği kategorisinde 2100 puan üzerinden Bozok Üniversitesi 500 puan elde etmiştir. Ak (2022) bu kategoride 350 puan alırken Tosun (2022) 750 puan almıştır. Atık kategorisinde 1800 puan üzerinden 450 puan alınmıştır. Ak (2022) atık kategorisinde 525 puan, Tosun (2022) 150 puan elde etmiştir. Su kategorisinde 1000 puan üzerinden Bozok Üniversitesi 50 puan alırken, Ak (2022) 600 puan, Tosun (2022) ise 250 puan almıştır. Ulaşım kategorisi 1800 puan üzerinden değerlendirilerek 875 puan elde edilmiştir. Ak (2022) 450 puan, Tosun (2022) ise 1025 puan elde etmiştir. Son kategori olan eğitim ve araştırmada ise alınabilecek maksimum 1800 puan üzerinden hesaplandığında Bozok Üniversitesi 875 puan kazanmıştır. Ak (2022) bu kategoriye ait kriterlerle ilgili herhangi bir veriye ulaşamamıştır. Tosun (2022) ise eğitim ve araştırma kategorisinde 650 puan almıştır. Yozgat Bozok Üniversitesi'nin Atatürk Üniversitesi ve İzmir Demokrasi Üniversitesi'ne göre daha düşük puan elde etmelerinde üniversitelerin kuruluş tarihlerinin farklılık göstermesi, iklim ve coğrafi konumun üniversite gelişiminde önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Her iki üniversitenin master planı mevcuttur. Ayrıca Ak (2022) kriter puanlamasında peyzajı ilgilendiren kriterlerde sunmuş olduğu öneriler sonucu elde edeceği puanı dahil ederek hesaplamıştır. Tosun (2022) ise mevcut veriler doğrultusunda puanlama hesaplaması yapmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yozgat Bozok Üniversitesi merkez kampüslerinin mevcut haline göre UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'nde değerlendirildiğinde yapı ve altyapı kategorisinde 685, enerji ve iklim değişikliği kategorisinde 500, atık kategorisinde 450, su kategorisinde 50, ulaşım kategorisinde 875,

eğitim ve araştırma kategorisinde ise elde edilen verilere göre toplamda 875 puan almıştır. UI GreenMetric değerlendirme sisteminde maksimum alınabilecek 10.000 puan üzerinden 3.435 puana sahip olmuştur. Elde edilen verilere göre yapı ve altyapı kategorisinde SI6 ve SI11, enerji ve iklim değişikliği kategorisinde EC1, EC2, EC3, EC5, EC6, EC7, EC9 ve EC10, atık kategorisinde WS2, WS3 ve WS4, su kategorisinde WR1, WR2, WR4 ve WR5, ulaşım kategorisinde TR3, TR4, TR6 ve TR7, son olarak eğitim ve araştırma kategorisinde ise ED2 ve ED7 kriterlerine ait veri ulaşımı sağlanamamasından ya da verilerin kullanılmamasından dolayı puan alınamamıştır.

Mevcut durumuyla dünya sıralamasına girebildiği ve UI GreenMetric değerlendirme sisteminde 2023 yılı üzerinden incelediğimizde ise Bozok Üniversitesi de katılımcılar arasında olduğunu varsayılır ise 1184 üniversite arasında 1013.sırada 3445 puanla yer alan Kazakistan'da bulunan Almatı İşletme Üniversitesi ile 1014.sırada 3430 puanla Endonezya'dan katılan Institut Teknologi PLN arasında yerini alacaktır. Türkiye'den katılım sağlayan 98 üniversite arasında 99. olarak başvuran üniversiteler arasında 3575 puan ile 89. sırada bulunan Çankaya Üniversitesi ile 3355 puan ile 90.sırada bulunan Işık Üniversitesi arasında yerini alacaktır. Dünya genel sıralamasında ise 1014. sırada yer alacaktır. Yapı ve altyapı kategorisinde dünya sıralamasında 796. ve 802. sıralamalar arasında yer alan üniversiteler ile ortak sıralamalarda yerini alacaktır. Enerji ve iklim değişikliği kategorisinde dünya sıralamasında 963. ve 965. sıralamalar arasında yer alacaktır. Atık kategorisi değerlendirmesinde 881. ve 923.sıralamalar arasındaki üniversiteler ile yer alacaktır. Su kategorisindeki puanına göre 1002. sırada yer alacaktır. Ulaşım kategorisinden elde ettiği puan ile 842. ve 847. sıralamalarda yer alan üniversitelerin bulunduğu sıralarda yerini alacaktır. Son kategori olan eğitim ve araştırma kategorisinde ise 895. ve 905. sıralamalar arasında yerini alacaktır.

Yapı ve Altyapı (SI): Yozgat Bozok Üniversitesi'ni UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'ndeki yapı ve altyapı kategorisinde yer alan 11 kritere göre analiz edildiğinde toplamda 685 puan elde edilmiştir. Kampüs yüzölçümüne baktığımızda 4.070.000 m² alanda yaklaşık 259.187 m²'lik bir ormanlık alana sahip olması kampüsün %6'lık dilimi oluşturmasından dolayı bu miktarı artırmak hedeflenmiştir. SI3 (ekilen bitki örtüsüyle kaplı kampüsteki toplam alan) kriterine bakıldığında alanın %4'lük kısmını oluşturmasından dolayı ekili ve dikili alan miktarları genişletilmiştir. Enerji ve İklim Değişikliği (EC): Enerji ve iklim değişikliği kategorisinde yer alan 10 kritere göre inceleme yapıldığında, elde edilen veriler sonucu 500 puan almıştır. Çizelge 1'de sadece puan alan kriterler mevcuttur. Genel toplam puanda (alınabilecek en fazla puan) 0 (sıfır) puan alan kriterlerde dahil edilmiştir.

EC1 (Enerji tasarruflu cihaz kullanımı) kriterinde elde edilen bilgilere göre kampüste mevcut tasarruflu cihaz kullanımları vardır. Ancak özellikle peyzaj alanlarında bu kullanım yetersiz görülmüştür. Bu sayıların en azından peyzaj alanlarında kullanımı artırılarak üniversiteye hem maddi hem de sürdürülebilirlik açısından kazanç sağlayabileceği düşünülmüştür. Mevcut rüzgâr ve güneşlenme gün sayıları envanteri çıkarılarak kampüsün uygun görülen alanlarına yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgâr ve güneş enerjisi sistemleri uzmanlar eşliğinde hayata geçirilebilir.

Atık (WS): Kampüs mevcut verileri 6 kriterden oluşan atık kategorisinde ise toplamda 450 puan almıştır. WS2 (kampüste kâğıt ve plastik kullanımını azaltma programı) WS2 kriterine göre yapılan herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Ancak söz konusu kritere göre kampüs kullanıcı sayısı da düşünüldüğünde oldukça yüksek bir sonucu ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Kâğıt ve plastik kullanımını azaltmayı teşvik eden eğitimler, seminerler, etkinlikler ve mobil/geleneksel uygulamalar ile çevre dostu kampüs üniversite oluşturulabilir. WS3 (organik atıkların işlenmesi) kriterinden elde edilen puan sıfırdır. Kampüs peyzajında kullanılan bitkilerin gelişimi açısından düzenli gübreleme yapılması gerekmektedir. Kampüste oluşan organik atıkların kompost olarak geri dönüştürülmesi ve alanda kullanılması ile hem bitkilerin gelişmesine katkı sağlayacaktır hem de ekonomik ve çevresel anlamda kullanışlı bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 1. Yozgat Bozok Üniversitesi GreenMetric puanlaması nihai sonucu**Table 1.** Final result of Yozgat Bozok University's GreenMetric scoring

1	Yapı ve Altyapı (SI)	Alınabilecek en	Mevcut	%15
SI1	Açık alanların toplam alana oranı	200	150	
SI2	Orman bitki örtüsüyle kaplı kampüsteki toplam alan	100	25	
SI3	Ekilen bitki örtüsüyle kaplı kampüsteki toplam alan	200	10	
SI4	Orman ve ekili bitki örtüsünün yanı sıra su emilimi için kampüsteki toplam alan	100	100	
SI5	Toplam açık alan alanının toplam kampüs nüfusuna bölümü	200	100	
SI6	Sürdürülebilirlik çabaları için üniversite bütçesinin yüzdesi	200	-	
SI7	Bir yıllık dönemde binanın işletme ve bakım faaliyetlerinin yüzdesi	100	75	
SI8	Engelliler, özel ihtiyaçlar ve/veya doğum bakımı için kampüs tesisleri	100	75	
SI9	Güvenlik ve güvenlik tesisleri	100	50	
SI10	Öğrenciler, akademisyenler ve idari personelin refahı için sağlık altyapı tesisleri	100	100	
SI11	Koruma: orta veya uzun vadeli koruma tesislerinde güvence altına alınan flora,	100	-	
TOPLAM		1500	685	
2	Enerji ve İklim Değişikliği (EC)			%21
EC4	Toplam elektrik kullanımının toplam kampüs nüfusuna bölümü (kişi başına kWh)	300	300	
EC8	Toplam karbon ayak izi bölü toplam kampüs nüfusu (kişi başına metrik ton)	200	200	
TOPLAM		2100	500	
3	Atık (WS)			%18
WS1	Üniversite atıkları için 3R (Azalt, Yeniden kullan, Geri dönüştür) programı	300	75	
WS5	Zehirli atıkların işlenmesi	300	300	
TOPLAM		1800	450	
4	Su (WR)			%10
WR3	Su tasarruflu cihaz kullanımı	200	50	
TOPLAM		1000	50	
5	Ulaşım (TR)			%18
TR1	Toplam kampüs nüfusuna bölünen toplam araç sayısı (arabalar ve motosikletler)	200	200	
TR2	Servis hizmetleri	300	225	
TR5	Otopark alanının toplam kampüs alanına oranı	200	150	
TR8	Kampüsteki yaya yolu	300	300	
TOPLAM		1800	875	
6	Eğitim ve Araştırma (ED)			%18
ED1	Sürdürülebilirlik derslerinin toplam derslere/konulara oranı	300	75	
ED3	Sürdürülebilirlik ile ilgili bilimsel yayın sayısı	200	100	
ED4	Sürdürülebilirlik ile ilgili etkinlik sayısı	200	100	
ED5	Yılda sürdürülebilirlik ile ilgili öğrenci dernekleri tarafından düzenlenen etkinlik	200	200	
ED6	Üniversite tarafından yürütülen sürdürülebilirlik web sitesi	200	150	
ED8	Kampüsteki kültürel etkinliklerinin sayısı	100	100	
ED9	Uluslararası işbirliklerine sahip üniversite sürdürülebilirlik program (lar)ının sayısı	100	50	
ED10	Düzenlenen ve/veya öğrencileri içeren sürdürülebilirlik toplum hizmetleri	100	75	
ED11	Sürdürülebilirlikle ilgili girişimlerin sayısı	100	25	
TOPLAM		1800	875	

Su (WR): 5 kriterden oluşan su kategorisinde üniversite toplamda 50 puan elde edebilmiştir. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan kampüsteki su durumu hakkında ulaşılan bilgilere göre mevcut suyun kampüs için yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kampüs peyzajında yerinde gözlem yapıldığında mevcut çim alanlarda otomatik sulama sistemlerinin ve bazı bölgelerde de bitkiler için damlama sulama sisteminin kullanıldığı görülmüştür. Kriterler konusunda da yetkili kişilerle konuşulduğunda ise peyzaj alanları düşünülerek özellikle WR1 (su tasarrufu programı ve uygulaması) ve WR2 (su geri dönüşüm programı uygulaması) kriterlerinin önemli olduğu düşünülmektedir. Ancak üniversite bu kriterlerden herhangi bir puan elde edememiştir. Bu kriterleri sağlayan eksiklikler giderildiğinde hem UI GreenMetric değerlendirme sisteminden puan elde edileceği hem de geri dönüşüm sayesinde kullanılacak peyzaj alanları genişletilebilecektir.

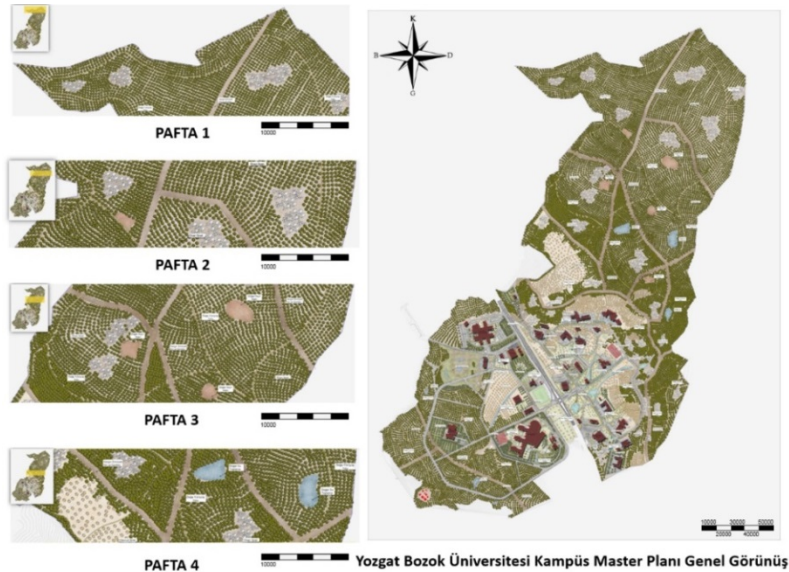
Yerinde yapılan incelemeler sonucunda ıslah edilmemiş durumda bulunan su yataklarına rastlanmıştır. Bu alanlar ıslah edilirse hem görsel peyzaja katkı sağlayacağı hem de su kayıplarının daha da azalabileceği düşünülmüştür. Yeni yapılacak olan otopark, yürüyüş yolları ve araç yolları geçirimli yüzey malzemeleri kullanılması ile de su kaybı azaltılabilir olduğu ön görülmüştür.

Ulaşım (TR): Kampüs, ulaşım kategorisinde yer alan 8 kritere göre değerlendirildiğinde ise UI GreenMetric değerlendirme sisteminden 875 puan elde etmektedir. Kampüste TR3 (sıfır emisyonlu araçlar (ZEV) politikası) kriterinin uygulanmadığı saptanmıştır. Çevre ve insan sağlığı dostu olan bir kampüs için üniversite; bisiklet, elektronik araçlar gibi araç kullanımını teşvik edici programlar ve uygulamaları destekleyici faaliyetlerde bulunabilir.

Eğitim ve Araştırma (ED): Son kategori olan eğitim ve araştırmadaki 11 kritere göre analiz yapıldığında üniversitenin toplamda 875 puan elde ettiği görülmüştür. Kriter puanlarına göre üniversitenin sürdürülebilirlik konusunda vermiş olduğu derslerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Üniversitede sürdürülebilirlik eğitimlerinin, etkinlik, organizasyon vs. faaliyetlerinin artırılması sürdürülebilirlik konusunda daha bilinçli bir toplumun oluşmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yozgat Bozok Üniversitesi UI GreenMetric Analizine Göre Önerilen Master Peyzaj Planı

UI GreenMetric Değerlendirme Sistemi'ndeki kriterler baz alınarak Yozgat Bozok Üniversitesi'ndeki eksiklikler tespit edilmiştir. Eksiklikler dikkate alındığında peyzaj alanını kapsayan öneri master peyzaj planlaması aşağıda yer alan Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Yozgat Bozok Master planı öneri doğal alanları ve aktivite alanları.

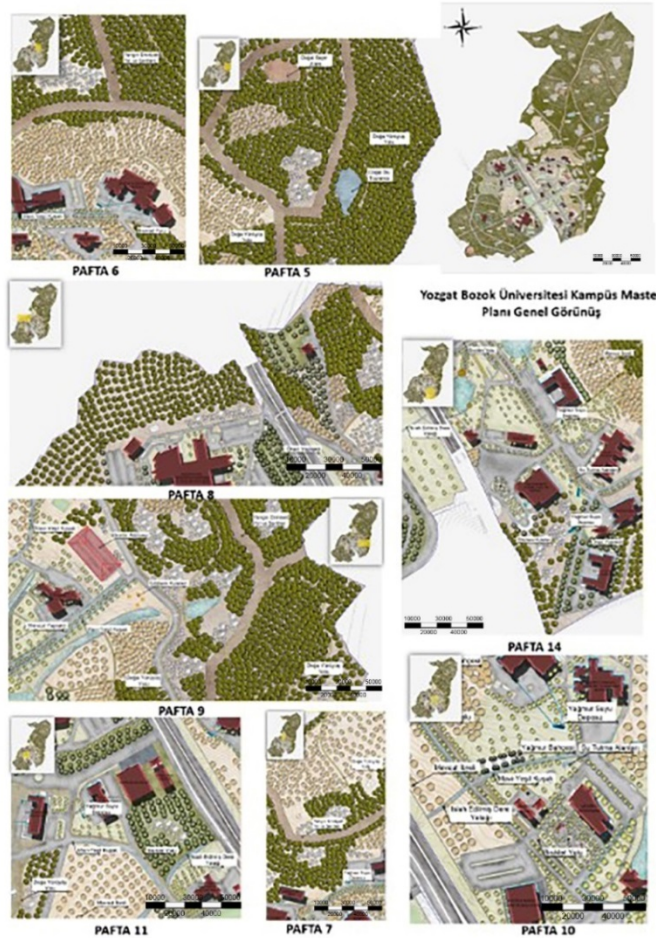
Figure 5. Yozgat Bozok Master plan proposed natural areas and activity areas.

Kampüs alanımızın yüzölçümü büyük olduğundan öneri master proje paftalara bölünerek detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Kampüs alanının içinde kayalık zemine oldukça sık rastlanmaktadır. Projede yer alan kaya gösterim yerleri mevcutta kaya olduğunu belli etme amaçlı temsilen yerleştirilmiştir. 1. paftada yer alan kısım kampüs yerleşim yerinden uzak olduğundan alanda öneri olarak ibrelili bitkiler planlanmıştır. Kampüs kullanıcılarına oluşturulacak olan ormanlık alanda gezi yapabilmesi amaçlı doğa yürüyüş yolu sirkülasyonu tasarlanmıştır. Geçmiş yıllarda yaşanan orman yangınlarında, yangınları önleyici amaçlı ormanlık alanlarda bitkilerin birbirleriyle bağlantısını kesen şeritler oluşturulmadığından binlerce hektar alanların yanmasına engel olunamamıştır. Gelecekte olası tehlikelere karşı önlem olması amacıyla Orman Genel Müdürlüğü'nün orman yangınlarının önlenmesi ve söndürülmesinde uygulama esaslarında

belirtmiş olduğu yangın emniyet şeritleri yapılması planlanmıştır. Öneri master plan ile oluşturulan ormanlık alanlar Pafta 2, Pafta 3'te görüldüğü üzere (Şekil 5) belirli noktalarda doğal seyir alanlar oluşturularak kampüs kullanıcılarının kullanabileceği aktif alanlar oluşturulmuştur. Paftada yol ve yangın emniyet şeritleri ile ormanlık alanlar parsellenmiştir. Doğa yürüyüş yolları da kampüste istenilen tüm bölgelere ulaşılabilir şekilde tasarlanmıştır. Arazinin eğimi dikkate alınarak doğal su toplama alanları oluşturularak hem canlı dostu bir kampüs olması hem de orman yangınlarıyla mücadelesinde etken olması amaçlanmıştır.

Şekil 2'de gösterilen doğa yürüyüş yolları ve yangın emniyet ve yol şeriti kampüs genelinde yer almaktadır. Kampüste karbon ayak izini azaltmak hedeflenerek doğa dostu bir kampüs için mevcut araç yolu boyunca bisiklet yolu tasarlanmıştır. Dünyayı etkileyen küresel ısınma hatta yakın zamanda bu dönemin kapanıp küresel kaynama çağı olarak adlandırılan, üniversite yerleşkesinde değişen çağa uyum sağlaması için su kaybını minimum seviyede tutmak amaçlanarak bina çevrelerinde kapasitesi miktarınca yağmur suyu toplama depoları planlanmıştır. Kampüste yerleşim yeri çevrelerinde peyzaj çalışması bulunmayan alanlarda yapraklı ağaçlara yer verilerek hem dört mevsimin etkilerini görmek amaçlanmıştır hem de kampüste yaşayan canlıların yararlanması hedeflenmiştir.

Şekil 6'da yer alan 9. paftada öneri ormanlık alanlar mevcut ormanlık alanlarla birleştirilmiştir. Kullanılmayan mevcut otoparklar, kampüs yerleşimcilerinin kullanabileceği kapalı sosyal mekân olan etkinlik atölyesine dönüştürülmüştür. Arazinin kot farkı göz önünde bulundurularak gözlem kuleleri tasarlanmıştır.



Şekil 6. Yozgat Bozok Master planı öneri doğal alanları ve aktivite alanları

Figure 6. Yozgat Bozok Master plan proposed natural areas and activity areas

Pafta 10'da ise arazi eğimleri ve yerinde yapılan gözlemler dikkate alınarak yer yer yağmur bahçeleri oluşturulmuştur. Projede mevcut ibrelili ağaçların konumu yaklaşık olarak yerleştirilmiştir. Yüzey sularının toplanması amacıyla kampüste de estetik bir görüntü oluşturması açısından su tutma alanları oluşturulmuştur. Mevcutta akan suyun kendisine gelişigüzel bir şekilde yol yaptığı görülmüştür. Master planda bu su yolları ıslah edilerek peyzaja kazandırılması hedeflenirken aynı zamanda canlılar için yaşam alanı olması amaçlanmıştır. 11. paftada da yağmur suyu depoları, mavi-yeşil kuşak uygulaması, bisiklet yolu, yürüyüş yolları, dere ıslahı üniversitenin batı kampüsü tarafında da devam ettirilmiştir. Şekil 5.13'te verilen 12. paftada Araştırma hastanesine yakınlığına dikkat edilerek hem hastane kullanıcılarının hem de öğrenci ve personellerin kullanabileceği rekreasyon parkı planlanmıştır. 13 ve 16. Paftalar arasında kampüs genelinde tasarlanan bisiklet yolu, orman içi doğa yürüyüş yolları, yangın emniyet yol ve şeridi, yağmur suyu depoları, su toplama alanları, seyir alanları ve ıslah edilmiş dere yataklarının planlaması gösterilmiştir. Mevcut ve öneri bitkilere projede yer verilmiştir. Kampüse özgü olan yeşil kayaların estetik görüntüsünü peyzaja kazandırabilmek amacıyla pafta 14'te ise gösterilen gözlem kuleleri bahsedilen kayalıklar üzerine oturtulmuştur. 15. paftada aktif kullanılmayan otopark geri dönüşüm atölyesi alanı olarak planlanmıştır.

Sonuç olarak; Yozgat Bozok Üniversitesi Erdoğan Akdağ Doğu Kampüsü ve Bilal Şahin Batı Kampüsü için hazırlanmış olan bu master planda, UI GreenMetric Değerlendirme Kılavuzu sürdürülebilir, çevre dostu ve yeşil üniversite olması yolunda yol gösterici olması amaçlanarak yararlanılmıştır. Sürdürülebilir ve yeşil üniversite için yapılan işlerin raporlanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin kısa, orta ve uzun vadede takibinin yapılarak değişim ve gelişime göre yeniden programlanması ve planlanması gerekmektedir. Böylece üniversite olarak hem günümüz kullanıcılar hem de gelecek kuşaklar için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir kampüs bırakılarak tercih edilir bir üniversite olması sağlanacaktır. Kampüs yeşil alanlarının artırılması, yerli genetik kaynak çalışmalarının artırılması, su ihtiyacını azaltmak için yerli bitkilerin kullanımının artırılması gerekmektedir. Enerji tasarruflu cihazların kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artırılması, inşa edilecek yeni yapıların akıllı bina ve yeşil bina uygulamalarını destekleyici şekilde tasarlanması ve uygulanması çevre dostu kampüs olmayı destekleyici uygulamalar olacaktır. Kampüste en çok kullanılan kâğıt ve plastik kullanımını azaltıcı uygulamaların yapılması, organik atıkların peyzajda gübre amaçlı kullanılması için teşvik edilmesi çevre kirliliğini de azaltacaktır. Su fakiri bir ülke olmamız, Yozgat şehrinin kurak iklimi sahip olması su konusunda daha tasarruflu uygulamalara geçilmesi gerektiğini göstermektedir. Binalarda oluşan atık sular geri dönüştürülerek sulamaya kazandırılabilir. Yine binalarda su tasarrufu sağlayan sensörlü cihazlara geçilmesi suyun israf edilmesini azaltacaktır. Yağmur sularının yönetimi de kampüs su ihtiyacı konusunda destekleyici olacaktır. Kampüste elektrikli araçlar, scooter ve bisiklet gibi karbon salınımını etkilemeyen çevre dostu araçların kullanımı teşvik edilmelidir. Eğitimde sürdürülebilirlik dersleri, projeleri, organizasyonları artırılmalı ve tüm bu uygulamalar için üniversitenin bütçe ayırması, özel kuruluşlarla ortak çalışması üniversitenin gelişimi açısından olumlu etkiler oluşturacaktır.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları*

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: KY, MK; örnek toplama: MK; verilerin analizi ve yorumlanması: istatistiksel analiz: KY, MK; görselleştirme: MK; makalenin yazımı: KY.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

Finansal Destek

Bu çalışmada finansal destek alınmamıştır.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ak, M. & A. Güneş Gölbe, 2021. The role of urban green spaces in sustainable urban planning. *Journal of Urban and Landscape Planning*, 6: 85-97.
- Ak, M., 2022. Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Alanlarının Planlaması ve Tasarımı Üzerine Bir Master Plan Çalışması: İzmir Demokrasi Üniversitesi Uzundere Yerleşkesi Örneği. İzmir Demokrasi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 183 s.
- Altuğ, S. & E. Malkoç True, 2021. Kentsel dönüşüm uygulamalarının başarısı ve kente katkıları Karşıyaka Bostanlı Mahallesi örneği İzmir. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (4): 533-543.
- Artar, M., İ. Dal, R.G. Öztaş & A.S. Karayılmazlar, 2019. Sürdürülebilir kampüs için peyzaj tasarımı: Bartın Üniversitesi Kutlubey Kampüsü doğal gölet ve yakın çevresi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 9 (19): 129-136.
- Aşur, F., E. Akpınar Külekçi & M. Perihan, 2022. The role of urban landscapes in the formation of urban identity and urban memory relations the case of Van Turkey. *Planning Perspectives*, 37 (4): 17-27.
- Benison, C.H. & P.R. Payn, 2022. Manufacturing mass intensity: 15 Years of Process Mass Intensity and development of the metric into plant cleaning and beyond, *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* 5 (2022): 100229.
- Bertiz, D., İ. Ekşi, M. Tokmak, D. Özbey, M.A. Ak & A.Güneş Gölbe, 2019. Yeşil altyapı açısından uluslararası ve ulusal yeşil bina sertifika sistemlerinin karşılaştırılması. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 1 (2): 31-39.
- Chanduluru, H.K. & A. Sugumaran, 2021. Eco-friendly estimation of isosorbide dinitrate and hydralazine hydrochloride using Green Analytical Quality by Design-based UPLC Method, *RSC Adv.*, 11 (2021): 27820-27831.
- Çon, S. & Z. Polat, 2020. Üniversite yerleşkelerinde peyzaj master planları. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (12): 2603-2611.
- Gülgün Aslan, B. & K. Yazıcı, 2016. Yeşil altyapı sistemlerinde mevcut uygulamalar. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 363: 34-45.
- Gülgün, B. & Ş.B. Akça, 2020. "Kent İçi Bitkilendirme Çalışmalarının Kent Kirliliği ve Doğal Afetlere Etkisi, 47-64". Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Teori ve Araştırmalar II. I. Basım (Eds. K. Özrenk, A. M. Bozdoğan & N. Yarpuz Bozdoğan), Gece Kitaplığı, Ankara, 399 s.
- Gülgün, B., M.A. Güney, E. Aktaş & K. Yazıcı, 2014. Role of the landscape architecture in interdisciplinary planning of sustainable cities. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 15 (4): 1877-1880.
- Malkoç True, E. & Ç. Kılıçaslan Deniz, 2012. Analysis on interaction of sculpture - space - user in urban environment. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (1): 25-31.
- Öktem, B., 2016. Atık yönetiminde entegre uygulama. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6 (2/1): 135-147.
- Ömürbek, V., Ç. Erk & S. Herek, 2019. Üniversitelerde atık yönetimi uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35: 124-161.
- Özdal Oktay, S. & P. Özyılmaz Küçükyağcı, 2015. "Üniversite kampüslerinde sürdürülebilir tasarım sürecinin irdelenmesi". II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS 2015), (28-30 Mayıs; Ankara), 987 s.
- Qdais, H. A., O. Saadeh, M. Al-Widyan, R. Al-tal & M. Abu-Dalo, 2019. Environmental sustainability features in large university campuses: Jordan University of Science and Technology (JUST) as a model of green university. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20: 214-228.
- Tosun, M., 2022. Üniversite Yerleşkeleri İçin Çevresel Sürdürülebilirlik Dizinlerinin (Green Metrics) Değerlendirilmesi: Atatürk Üniversitesi Örneği. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 137 s.

- UI GreenMetric, 2023. UI GreenMetric World University Rankings 2023. (Web page: <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2023>) (Date accessed: Aralık 2023).
- Wojnowski, W., M. Tobiszewski, F. Pena-Pereira & E. Psillakis, 2022. AGREEprep - analytical GREENness metric for sample preparation, *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 149 (2022): 116553.
- Yazici K., B.Gülgün Aslan, G. Balık, E. Aktaş & F. Ankaya, 2018. "The Plant Design Criteria for Sustainable Universal Design by Considering the Principles of Gestalt, 584 -596". In: *The Most Recent Studies in Science and Art. 4th* (Eds. H. Arapgırlıoğlu, A. Atık, S. Hızıroğlu, R. L. Elliott & D. Atık), Gece Publishing, Ankara, 1024 pp.
- Yazici, K. & B. Gülgün, 2017. Açık-yeşil alanlarda dış mekân süs bitkilerinin önemi ve yaşam kalitesine etkisi Tokat kenti örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (3): 275-284.
- Yazici, K. & M. Kaplan, 2022. "Yeşil Altyapı Uygulamaları ve Kent Ekolojisine Katkıları, 330-353". In: *Peyzaj Mimarlığı Çalışmalarında Güncel Yaklaşımlar I*, I. Basım (Kübra Yazici). Iksad Publications, Ankara, 354 s.
- Yozgat Bozok Üniversitesi Faaliyet Raporu, 2022. Yozgat Bozok Üniversitesi. (Web sayfası: <https://bozok.edu.tr/birim/biltem/sayfa/faaliyet-raporu/318>) (Erişim tarihi: Nisan 2023).

Araştırma Makalesi (Research Article)

Hilal Betül Kaya^{1*} 

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik
Bölümü, 45140, Yunusemre, Manisa,
Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

hilalbetul.kaya@cbu.edu.tr

Anahtar sözcükler: CRISPR/Cas9, genom
düzenleme, PDS geni, protoplast, *Vitis vinifera*

Keywords: CRISPR/Cas9, genome editing,
PDS gene, protoplast, *Vitis vinifera*

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):117-131

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1432614>

Asma protoplastlarında CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme

CRISPR/Cas9-Mediated genome editing in grapevine protoplasts

* Bu makale MCBÜ-BAP tarafından 2020-123 Numaralı proje ile desteklenmiştir.

Received (Alınış): 08.02.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 02.11.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats)/Cas9 (CRISPR-associated protein 9) aracılı genom düzenleme yöntemi kullanılarak asma protoplastlarında hedefe yönelik mutasyonun gerçekleştirilmesidir.

Materyal ve Yöntem: Chardonnay asma çeşidinde CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme için hedef gene uygun gRNA tasarımı yapılarak, hem gRNA'yı hem de Cas9 ve *GFP* genlerini içeren final CRISPR/Cas9 vektörü elde edilmiştir. Asma yapraklarından protoplast izolasyonu ve transformasyonu gerçekleştirilerek, transformasyon ve mutasyon verimliliği analiz edilmiştir.

Araştırma Bulguları: Çalışmada Chardonnay yapraklarından yapılan protoplast izolasyonunda 1 g taze yapraktan 1×10^7 protoplast elde edilmiştir. *VvPDS* genini hedef alan vektörün (~10 kb) protoplastlarda transformasyon verimliliği %40-60 iken, sadece *GFP* genini içeren vektörde (~3 kb), transformasyon verimliliği %80-90 olarak bulunmuştur. Vektör büyüklüğü transformasyon verimliliğini büyük oranda etkilemiş, vektör büyüklüğü arttıkça verimlilik azalmıştır. Transformasyon gerçekleşmesine rağmen, hedeflenen mutasyon doğrulanamamıştır.

Sonuç: Çalışmada asma protoplastlarında CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme için ilk aşama olan gRNA tasarımından son aşama olan protoplast transformasyonuna kadar uygulanan basamaklar başarılı bir şekilde gerçekleştirilerek, sistemin sorunsuz uygulanabilirliği gösterilmiştir. Uygulanan protokoller ve elde edilen sonuçlar asmada hedef mutasyonların gerçekleştirilmesi amacıyla yapılacak olan diğer çalışmalarda kullanılabilecektir.

ABSTRACT

Objective: This study aims to perform targeted mutation in grapevine protoplasts using the CRISPR/Cas9-mediated genome editing method.

Material and Methods: For CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats)/Cas9 (CRISPR-associated protein 9)-mediated genome editing in the Chardonnay cultivar, a gRNA design targeting the desired gene was performed, resulting in obtaining a final CRISPR/Cas9 vector containing both the gRNA and Cas9 and *GFP* genes. Protoplast isolation and transformation were performed using leaves, followed by analysis of transformation and mutation efficiency.

Results: In the study, Chardonnay leaf protoplast isolation produced 1×10^7 protoplasts per 1 g of fresh leaves. The vector targeting the *VvPDS* gene (~10 kb) achieved a transformation efficiency of 40-60%, while the vector containing only the *GFP* gene (~3 kb) reached 80-90% efficiency. Vector size notably impacted transformation, with larger vectors reducing efficiency. Despite successful transformation, the presence of the targeted mutation could not be confirmed.

Conclusion: The study successfully completed all stages from gRNA design, the initial step of CRISPR/Cas9-mediated genome editing in protoplasts, to the final protoplast transformation stage, showcasing the system's seamless usability. The protocols applied and the results obtained can be utilized in future studies aimed at implementing targeted mutations in grapevines.

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve küresel ısınmanın getirdiği kısıtlamalar ile birlikte tarımsal üretimin artan talebi karşılayabilmesi için bitki ıslahında klasik yöntemlere alternatif güncel teknolojilerin kullanımı tarımsal araştırmalar için büyük önem taşımaktadır (Bailey-Serres et al., 2019; Chen et al., 2019). CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme, bitki genomlarında istenilen değişikliği yapmaya olanak sağlayarak, ıslah süresinin hızlandırılmasına, istenilen özelliğin bitkilere kazandırılmasına ve farklı genlerin fonksiyonlarının ve biyosentez yollarının anlaşılmasına olanak sağlamaktadır (Wada et al., 2020). CRISPR/Cas9 teknolojisi, ilk defa *Arabidopsis*, tütün, çeltik ve buğday bitkilerinde hedeflenmiş gen modifikasyonu amacıyla kullanıldıktan sonra birçok bitkide de gen fonksiyonlarının belirlenmesi ile biyotik ve abiyotik stres etmenlerine karşı dayanıklı bitkilerin elde edilmesi amacıyla kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Yin et al., 2017).

CRISPR ilk olarak 1987 yılında *E. coli*'de virüs ve plazmit DNA'sına karşı savaşmak için oluşturulan bir bağışıklık mekanizması olarak keşfedilmiştir (Ishino et al., 1987; Jinek et al., 2012). Sonrasında ise CRISPR/Cas sistemleri bakteri, hayvan ve bitkilerde hedeflenen mutasyonun gerçekleştirilmesinde genom düzenleme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. CRISPR/Cas9 sistemi, esneklik, basitlik ve göreceli düşük maliyet açısından önceki düzenleme yöntemleri olan TALEN, ZNF ve meganükleaz'ları geride bırakarak tarımda genetik düzenlemeyi yaygın bir şekilde kullanılabilir hale getirmiştir (Feng et al., 2013).

CRISPR/Cas9, nükleaz Cas9 enzimi ve kılavuz RNA olarak adlandırılan gRNA'dan oluşur ve bir ribonükleotit kompleksi olarak görev yapar. Cas9 enzimi, gRNA ve devamındaki 3 nükleotitten oluşan (NGG) PAM (protospacer yan motif) bölgesini tanır ve gRNA'nın tamamlayıcısı olduğu hedef sekansı 17. nükleotitten keser. Nükleaz enzimleri, DNA'da çift ya da tek iplikli kesikler oluşturarak, hücre onarım sistemini başlatır ve hücrenin farklı tamir mekanizmaları devreye girerek kesim meydana gelen bölgede silme, ekleme ve ikamelerin ortaya çıkmasına yol açar (Jiang et al., 2016; Kolasiniler et al., 2023).

CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme çalışmalarında, öncelikli olarak yapılacak çalışmanın amacına yönelik hedef gen/bölge seçimi gerçekleştirilmektedir. Hedef gen/bölge seçimi yapıldıktan sonra, amaca uygun olarak hedeflenen mutasyon tipine (ekleme, silme, ikame) karar verilmesi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra gRNA'nın belirlenmesi ve CRISPR/Cas9 vektörlerinin tasarım ve oluşturulması işlemleri gerçekleştirilmektedir (Jaganathan et al., 2018). Bu amaç için tasarlanmış farklı plazmit sistemleri bulunmaktadır (Tang et al., 2018). Bu sistemler, gRNA tasarımı yapıldıktan sonra, gRNA'nın kolayca transformasyon vektörüne klonlanmasına olanak sağlamaktadır (Cermak et al., 2017; Tang et al., 2018). Transformasyon vektörü elde edildikten sonra ise bitki transformasyonu, bitki rejenerasyonu ve bitkilerde tarama işlemleri gerçekleştirilmektedir (Belhaj et al., 2015). CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme çalışmalarında en maliyetli ve uzun süren basamak, steril bitki doku kültürü aşamalarıdır (Maher et al., 2020). Bu sebepten dolayı genom düzenlemede kullanılacak olan CRISPR/Cas9 vektörünün direk olarak bitkilerde denenmesi yerine, öncelikle protoplastlarda denenerek test edilmesi, diğer bir ifadeyle çalıştığının doğrulanması, bu teknolojinin uygulanmasında tercih edilen bir yaklaşımdır (Lin et al., 2018).

Bitkilerde *PDS* geni, karotenoid biyosentez yolu içinde görev alan fitoen dehidrogenaz enzimini kodlamaktadır. Karotenoidler bitkilerde bulunan önemli pigmentlerdir ve fotosentezde, ışık emiliminden sorumlu olmalarının yanında bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve çevresel streslere uyum sağlamalarında da önemli görevler üstlenmektedirler (Hou et al., 2016). Genom düzenleme çalışmalarında *PDS* genine yönelik mutasyonlar, bitkilerin karakteristik bir fenotip göstermesine neden olmaktadır. Bu mutant fenotip, bitkide oluşturulan mutasyon çeşidine bağlı olarak albino veya koyu yeşilden soluk yeşile doğru alacalı bir renk göstermektedir (Qin et al., 2007). *PDS* geninin mutasyonunu sonucunda oluşan fenotip, genom düzenleme

çalışmalarında sıklıkla kullanılarak, mutasyonun varlığını hızlı ve kolay şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Günümüze kadar mısır (Svitashev et al., 2015), buğday (Howells et al., 2018), domates (Secgin et al., 2021), patates (Wang et al., 2015) ve asma (Nakajima et al., 2017) gibi çeşitli bitkilerde yapılan genom düzenleme çalışmalarında *PDS* geni genom düzenlemenin başarıyla gerçekleştirildiğini görsel olarak doğrulayan bir işaretleyici olarak kullanılmıştır.

Asma, hem ülkemiz hem de dünyada ekonomik ve kültürel açıdan oldukça önemli bir bitkidir (Kusaksız vd, 2019; Kaya et al., 2023). Asma ıslahında, genellikle klasik ıslah yöntemleri kullanılmakta ve bu teknikler ise uzun zaman almaktadır. Ayrıca, hali hazırda yetiştiriciliği yapılan çeşitlerde klasik ıslah yöntemleri uygulandığında, varolan özelliklerin kaybedilme riski bulunmakta ve bu durum bağcılık sektörü tarafından tercih edilmemektedir (Giacomelli et al., 2018). Bu sebeplerden dolayı asmada klasik ıslah yöntemlerine alternatif CRISPR/Cas9 gibi güncel teknolojilerinin kullanılması varolan çeşitlerin özelliklerini kaybetmeden, sadece istenilen değişikliklerin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Dalla Costa et al., 2017). CRISPR/Cas9 gibi nükleazları kullanarak genomda istenilen bölgede hedeflenen değişikliği oluşturabilen genom düzenleme araçlarının asma bitkisinde başarılı bir şekilde uygulanabilmesi bu önemli bitkide büyük önem taşımaktadır (Campos et al., 2021).

Asma bitkisinin çok yıllık ve heterozigot genoma sahip olması, bitki transformasyon aşamalarının uzun ve zorlu olmasına yol açmaktadır. Bu sebeple asmada yapılan CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme çalışmaları, ekonomik öneme sahip diğer bitkilerle kıyaslandığında oldukça sınırlı sayıda kalmıştır. Bu çalışmalarda en çok hedef alınan gen külleme hastalığına karşı duyarlılık geni olarak bilinen *MLO* genidir (Malnoy et al., 2016; Giacomelli et al., 2018; Wan et al., 2020). *MLO* geni hem metot geliştirme çalışmalarında (Malnoy et al., 2016) hem de küllemeye karşı dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında (Giacomelli et al., 2018; Wan et al., 2020) hedef gen olarak seçilmiştir. Ayrıca tartarik asit içeriğinin azaltılması için *IdnDH* geni (Ren et al., 2016), gri küf hastalığına karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için *WRKY52* geni (Wang et al., 2018), bağ mildiyösüne dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için *DMR6* geni (Giacomelli et al., 2018) ve sürgün dallanmasının artırılması için *CCD7* ve *CCD8* genleri (Ren et al., 2020) hedef alınarak genom düzenleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bir başka çalışmada ise *PDS* geni hedef gen olarak seçilerek yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiştir (Nakajima et al., 2017).

Bu çalışmanın amacı, asmada CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme yöntemi kullanılarak asma yaprağından elde edilen protoplastlarda hedefe yönelik mutasyonun gerçekleştirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda Chardonnay asma çeşidinde hedef gene uygun gRNA tasarlanarak, transformasyon vektörünün elde edilmesi ve vektörün protoplastlarda test edilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

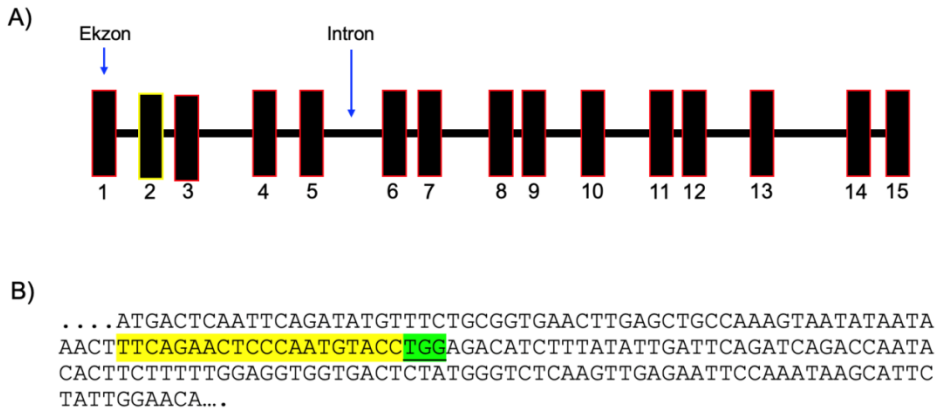
MATERYAL ve YÖNTEM

Bitki materyali

Çalışmada kullanılan Chardonnay (klon 76) asma çeşidi Kavaklıdere Şarapları A.Ş.'den tüplü fidan olarak temin edilmiştir. Bitkiler Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü iklimlendirme odasında %80 bağıl nemde, 16 saatlik fotoperiyot ile gündüz 25°C, gece 17°C'de muhafaza edilmiştir.

VvPDS geninde gRNA tasarımı ve CRISPR/Cas9 vektörünün hazırlanması

VvPDS geninin (VIT_09s0002g00100) sekans bilgileri EnsemblPlants veritabanından indirilmiştir. gRNA tasarımı için VvPDS geninin ikinci ekzonu hedef alınarak, web tabanlı Benchling programı (<https://benchling.com>) kullanılarak gRNA tasarımı off-target puanı ve GC içeriği dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. CRISPR/Cas9 vektörünün oluşturulmasında Cermak et. al. (Cermak et al., 2017) modüler sistem plazmitleri (pMOD_A1111, pMOD_B2515, pMOD_C3001 ve pTRANS_100) kullanılmıştır. VvPDS geni ekzon 2 üzerinde yer alan 20 bazlık gRNA dizisi ve PAM sekansı Şekil 1'de gösterilmektedir. Modüler sistem plazmitlerine ait bilgiler Çizelge 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. VvPDS geninde hedef bölgenin seçilmesi ve gRNA'nın dizaynı, A) VvPDS genini oluşturan ekzon ve intronlar dikdörtgen kutucuklar ile gösterilmiştir. gRNA dizisi, ekzon 2'de yer almaktadır. B) Ekzon 2'de yer alan 20 bazlık gRNA dizisi sarı, 3 bazlık PAM dizisi ise yeşil ile işaretlenerek gösterilmiştir.

Figure 1. Selection of target region in the VvPDS gene and design of the gRNA, A) Exons and introns that make up the VvPDS gene are shown with rectangular boxes. The gRNA sequence is located in exon 2. B) The 20-base gRNA sequence in exon 2 is highlighted in yellow, while the 3-base PAM sequence is highlighted in green.

Çizelge 1. CRISPR/Cas9 vektörünün elde edilmesinde kullanılan modüler sistem plazmitleri

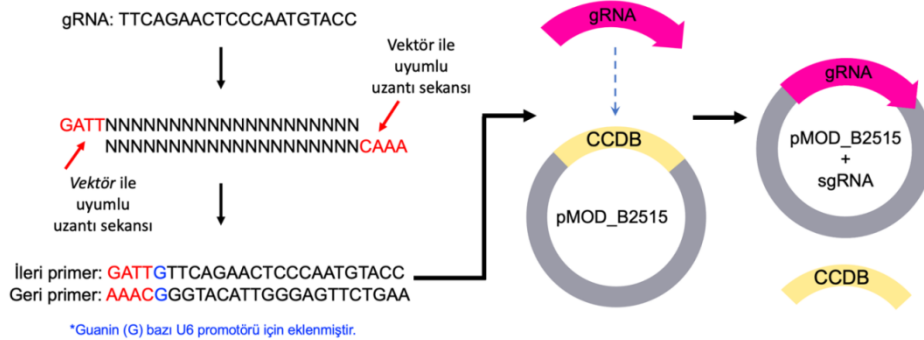
Table 1. Modular system plasmids used to obtain the CRISPR/Cas9 vector

Plazmit adı	Gen	Promotör	Terminatör
pMOD_A1111 (Addgene #91032)	TaCas9	OsAct1	HSP
pMOD_B2515 (Addgene #91072)	Tek gRNA klonlama için <i>Esp3I</i> ccdb kaseti	AtU6	Pol III
pMOD_C3001 (Addgene #91094)	<i>GFP</i>	35S	pea rbcS9
pTRANS_100* (Addgene #91198)	-	-	-

*T-DNA içermeyen transformasyon vektörü

gRNA'nın modüler sistem plazmitlerinden modül B plazmit içerisine klonlanması için gRNA dizisine plazmit ile uyumlu 4 bazlık uzantı sekansları eklenerek iki adet primer sentezletirilmiştir (Şekil 2). Kullanılan Modül B plazmit pMOD_B2515'te U6 Pol III promotörü olduğu için gRNA dizisinin önüne "G" bazı eklenmiştir (Şekil 2). Primerler T4 polynucleotide kinaz enzimi ile fosforilasyon yapılmış, aşamalı sıcaklık değişimi uygulanarak birbirlerine bağlanması sağlanmıştır (Cermak et al., 2017). Sonrasında tek bir Golden Gate birleştirme reaksiyonu ile *Esp3I* restriksiyon enzimi ve T4 DNA ligaz enzimi kullanılarak gRNA sekansı pMOD_B2515 içerisine klonlanmıştır. Golden Gate birleştirme reaksiyonu, kompetan *E. coli* (NEB® 5-alpha Competent *E. coli* (High Efficiency, DH5α)) hücrelerine transforme edilerek, LB+ampisilin antibiyotiği içeren agarlı besiyerine ekim yapılmıştır. Elde edilen kolonilerden sıvı kültür başlatılarak, Monarch® Plazmit Miniprep Kit (NEB) ile plazmit izolasyonu yapılmış ve Sanger sekanslama ile gRNA'nın plazmit içerisine doğru bir şekilde aktarıldığı doğrulanmıştır.

Genom düzenlemede kullanılan final CRISPR/Cas9 vektörünün elde edilmesinde Cermak et al. (2017) protokolü (Protocol 5) temel alınmıştır. Bu sistemde Cas9 geni içeren pMOD_A1111 plazmit, gRNA klonlanan modül B plazmit (pMOD_B2515) ve *GFP* geni içeren modül C plazmit (pMOD_C3001), T-DNA içermeyen transformasyon vektörü (pTRANS_100) içerisinde tek bir Golden Gate birleştirme reaksiyonu ile birleştirilmiştir. Final birleştirme reaksiyonu, kompetan *E. coli* (NEB® 5-alpha Competent *E. coli* (High Efficiency, DH5α)) hücrelerine transforme edilerek, LB+spektinomisin antibiyotiği içeren agarlı besiyerine ekim yapılmıştır. Elde edilen kolonilerden sıvı kültür başlatılarak, Monarch® Plazmit Miniprep Kit (NEB) ile plazmit izolasyonu yapılmış, final vektör restriksiyon enzimi (*SacI*) ile kesim yapılarak doğrulanmıştır.



Şekil 2. gRNA'nın modül B plazmit içerisine klonlanma aşamasının şematik gösterimi.

Figure 2. The schematic representation of the cloning of gRNA into the Module B plasmid.

Protoplast izolasyonu

Protoplast izolasyonunda Shan et al. (2014) protokolü temel alınmıştır. İklimlendirme odasında kontrollü koşullarda yetiştirilen asma fidanlarından en taze yapraklar alınarak, bistüri yardımıyla 0.5-1.0 mm kalınlığında ince şeritler olacak şekilde kesilmiştir. Steril enzim çözeltisi içerisinde karanlıkta 7-8 saat, 100 rpm'de orbital karıştırıcı üzerinde oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Enzim inkübasyonu sonunda protoplastların serbest kalması için W5 çözeltisi (2 mM MES (pH 5.7), 154 mM NaCl, 125 mM CaCl₂, 5 mM KCl) eklenerek 1-2 dakika süresince yavaşça karıştırılmıştır. Sonrasında 150xg'de santrifüj yapılarak, üst faz uzaklaştırılmış ve dipte kalan protoplastların hemasitometre yardımı ile sayımı yapılmıştır. Sayım sonrasında, protoplastlara konsantrasyon 5×10^6 protoplast/ml olacak şekilde MMG çözeltisi (4 mM MES (pH 5.7), 0.4 M mannitol, 15 mM MgCl₂) eklenmiştir.

PEG-aracılı protoplast transformasyonu

Protoplast transformasyonu için, 1×10^6 protoplast kullanılmıştır. MMG çözeltisi içerisinde yer alan protoplastlara, 10 µg plazmit DNA'sı ve protoplast ile eşit hacimde taze hazırlanmış PEG çözeltisi eklenerek yavaş bir şekilde karıştırılmıştır. 5 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra, transformasyonu durdurmak amacıyla 900 µl W5 çözeltisi eklenmiş ve 150xg'de 5 dakika santrifüjlenerek, üst sıvı dikkatli bir şekilde uzaklaştırılmıştır (Shan et al., 2014). Santrifüj sonrasında dipte kalan protoplastlar, 2 ml MMG çözeltisi eklenerek, 6 kuyucuklu hücre kültürü petrilerinde, karanlıkta ve oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Negatif kontrol olarak, protoplastlar, sadece PEG ile muamele edilmişler, pozitif kontrol olarak ise pMOD_3001 plazmiti ile transformasyon gerçekleştirilmiştir.

Protoplast transformasyon verimliliğinin hesaplanması

Transformasyondan 24 saat sonra 6 kuyucuklu kültür petrilinde inkübasyona bırakılan protoplastlardan 300 µl alınarak 150xg’de 2 dakika santifüj üşlemine tabii tutularak oluşan üst faz uzaklaştırılmış ve pellet kısmından 15 µl alınarak hemasiyometre üzerine dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Transformasyon gerçekleşen protoplastlarda *GFP* geninin ürünü olan yeşil floresan proteininin ışımaya yapması için floresan mikroskop kullanılarak sayım işlemi gerçekleştirilmiştir. Transformasyon verimliliği ise aşağıda yer alan formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Transformasyon verimliliği (\%)} = \frac{\text{Parlak yeşil protoplast sayısı}}{\text{Toplam protoplast sayısı}} (x100) \quad (1)$$

Protoplastlardan genomik DNA izolasyonu, PCR ve T7E1 analizi

Transformasyondan 48 saat sonra karanlıkta oda sıcaklığında 6 kuyucuklu hücre kültürü petrilерinde MMG çözeltisinde inkübasyonda bekleyen protoplast örnekleri 2 ml tüplere aktarılmış, 1000xg'de 3 dakika santrifüjlenerek protoplastlardan MMG çözeltisi uzaklaştırılmıştır. Protoplastlardan

genomik DNA izolasyonu CTAB temelli DNA izolasyonu protokolü (Öncü-Öner et al., 2023) ile gerçekleştirilmiş ve DNA konsantrasyonu Qubit 3.0 Fluorometer (Invitrogen) ile belirlenmiştir. PCR, ileri primeri 5'- GACTCAATTCAGATATGTTTCTGCGG -3' ve geri primeri 5'- GGGGCAGAAATCCTTCCTCC -3' kullanılarak Q5 DNA polimeraz enzimi (NEB) ile gerçekleştirilmiştir. PCR ürünleri Monarch PCR & DNA Clean Up Kit (NEB) kullanılarak saflaştırılmış ve saflaştırılan PCR ürünlerinin konsantrasyonu Qubit 3.0 Fluorometer (Invitrogen) kullanılarak belirlenmiştir. T7E1 analizi için 200 ng PCR ürününe, 2 µl 10X NEBuffer 2 eklenerek son hacim 19 µl olarak şekilde nükleaz enzimi içermeyen ultra saf su eklenmiştir. Hibridizasyon işlemi PCR cihazında (Invitrogen, SimpliAmp) uygun sıcaklık derece ve süreleri (95°C'den 85°C'ye 2°C/saniye azalarak ve 85°C'den 25°C'ye 0.1°C/saniye azalarak) uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Hibridizasyon sonrasında 19 µl reaksiyon hacmine 1 µl T7 endonükleaz 1 enzimi eklenerek 15 dakika 37°C'de inkübe edilmiştir. Reaksiyona 1.5 µl 0.25 M EDTA ilave edilerek durdurulmuştur. Reaksiyon sonucunda elde edilen DNA fragmentleri SafeView (ABM) DNA boyası içeren %2'lik agaroz jel elektroforezinde ayrımlanarak, UV ışık (Vilber Lourmat) altında görüntülenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

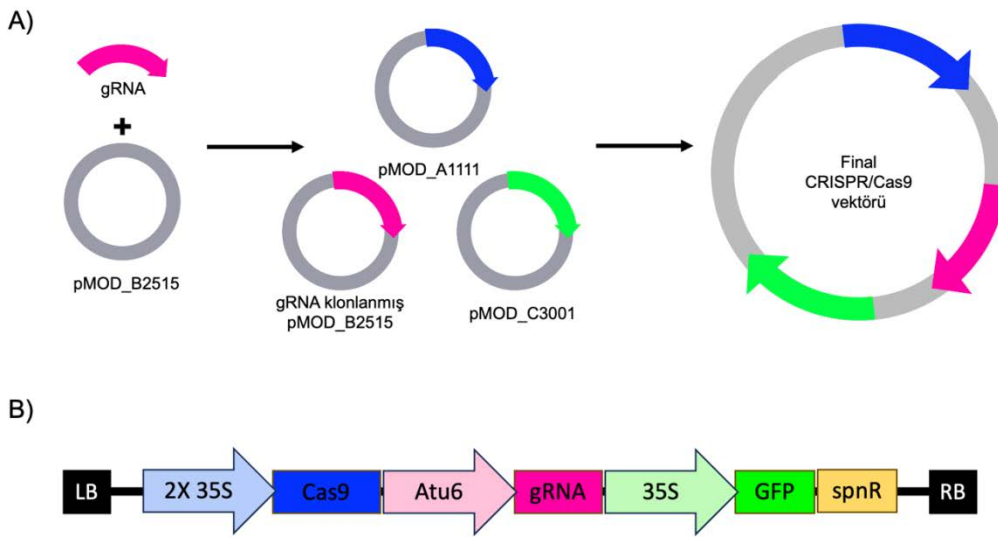
Hedef gen ve CRISPR/Cas9 vektör tasarımı

VvPDS (VIT_09s0002g00100) geni 15 ekzon ve 6 introndan oluşmaktadır. CRISPR/Cas9, çoğunlukla çerçeve kaymaları ve STOP kodonları oluşumuna yol açtığı için işlevsiz proteinler üretmek amacıyla hedef gen bölgesi seçiminde genin yukarı yöndeki ekzonlarının hedef olarak seçilmesi daha yaygındır (Ren et al., 2016). Bu çalışmada *VvPDS* geninin susturulması amacıyla ikinci ekzon hedef olarak seçilmiştir. Benzer yaklaşım asmada CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme *VvCCD7* geni için ekzon 1 ve *VvCCD8* geni için ekzon 2 hedef alınarak, bu genlerinin nakavt edilmesinde uygulanmıştır (Ren et al., 2020).

VvPDS geninin DNA sekansı EnsemblPlants veritabanından indirilerek Benchling programında CRISPR tasarımı özelliği ile off-target puanı ve GC içeriği göz önünde bulundurularak gRNA dizisi belirlenmiştir. PAM sekansı NGG olacak şekilde belirlenen 20 bazlık gRNA dizisinin, off-target puanı 49.1, GC oranı ise %45'tir. GC içeriği gibi gRNA özelliklerinin, Cas9 enziminin nükleaz aktivitesini etkilediği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Liu et al., 2016). Yapılan çalışmalarda %35-65 arasında GC oranına sahip gRNA'ların kullanımının daha yaygın olduğu (Malik et al., 2021), GC içeriği %40-60 aralığında olan gRNA'ların ise daha yüksek bir mutasyon oranına sahip olduğu belirtilmiştir (Konstantakos et al., 2022; Liu et al., 2016). Buna karşılık, çok yüksek veya çok düşük GC içeriğine sahip gRNA'ların mutasyon oranlarının daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Doench et al., 2014). Genom düzenlemede verimliliği etkileyen birçok farklı parametre olmasına rağmen, gRNA'nın GC içeriği CRISPR/Cas9 sisteminin mutasyon verimliliğini önemli ölçüde etkileyen parametrelerden bir tanesidir (Ren et al., 2018).

CRISPR/Cas9 vektör tasarımı, genom düzenleme çalışmalarında önemli bir basamaktır ve bu basamak, uygun Cas proteinlerinin belirlenmesini, gRNA'ların tasarlanması, aynı zamanda gRNA'ları ve Cas proteinlerini ifade etmek için düzenleyici elemanların (promotör, terminatör vb.) seçimini içerir (Hassan et al., 2021). Seçim işleminden sonra bu DNA parçalarının minimum hata ile kolay ve eş zamanlı birleşimini sağlayan farklı yöntemler uygulanmaktadır (Cermak et al., 2017). Bunlardan en yaygın kullanılanları Golden Gate birleştirme olarak bilinen Tip IIS restriksiyon endonükleaz enzimleri aracılı yöntem (Engler et al., 2014) ile Gibson klonlama olarak bilinen doğrusal üst üste eşleşen DNA parçalarının birleşmesini temel alan ligasyondan bağımsız bir yöntemdir (Gibson et al., 2008). Bu çalışmada Golden Gate birleştirme prensibi temel alınarak geliştirilen modüler sistem plazmitleri kullanılmıştır (Cermak et al., 2017). Final CRISPR/Cas9 vektörünün elde edildiği basamakları özetleyen şematik görünüm Şekil 3A, final CRISPR/Cas9 vektörünün şematik gösterimi ise Şekil 3B'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan modüler sistem plazmitlerinde, gRNA için *Arabidopsis* U6 promotörü (AtU6), GFP için Cauliflower Mosaic Virus 35S promotörü (35S) ve Cas9 için çeltik aktin 1 (OsAct1) promotörü tercih edilmiştir. GFP (yeşil floresan protein) geni, transforme edilen protoplast hücrelerini hızlı bir şekilde

seçmek için raportör gen olarak kullanılmıştır. Raportör genler, protein lokalizasyonu ve promotör karakterizasyonu çalışmalarında ve bitki transformasyonunun optimizasyonunda kullanılmaktadırlar (Huttly 2009). Bitkilerde yaygın kullanılan raportör genler *E. coli*'den izole edilen β -glukuronidaz geni (*GUS*) (Gilissen et al., 1998) ve Amerikan ateş böceği *Photinus pyralis*'den izole edilen lusiferaz (*luc*) raportör genleridir. Bir diğer yaygın kullanılan gen ise Pasifik denizanası *Aequoria victoria*'dan izole edilen *GFP* raportör genidir (Chiu et al., 1996). *GUS* raportör sistemi, in vivo analiz için zararlı olan bir substratın (X-gluc) kullanımına gereksinim duyarken, *luc* geni ise lusiferin substratı ile reaksiyona girerek biyoluminesans oluşturmakta ve bu şekilde sonuç vermektedir (Ow et al., 1986). Bu çalışmada da tercih edilen *GFP* geni dışardan bir substratın kullanımına gereksinim duymaması sebebiyle farklı bitkilerde genom düzenleme çalışmalarında sıklıkla tercih edilen bir raportör gendir (Chen et al., 2006; Zhao et al., 2016; Wang et al., 2021). Bu çalışmada da *GFP* geninin kullanımı ile transforme olan protoplastlar kolaylıkla diğer protoplastlardan ayrılmıştır.



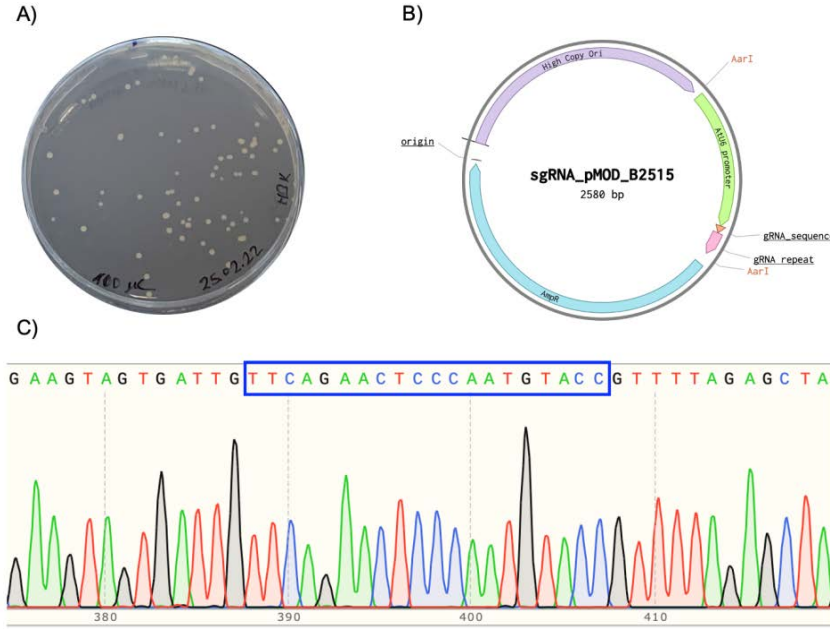
Şekil 3. Final CRISPR/Cas9 vektörü tasarımı, A) Final CRISPR/Cas9 vektörünün elde edilmesi aşamaları, B) Final CRISPR/Cas9 vektörünün şematik gösterimi.

Figure 3. Design of final CRISPR/Cas9 vector, A) Steps for obtaining the final CRISPR/Cas9 vector, B) Schematic representation of the final CRISPR/Cas9 vector.

CRISPR/Cas9 vektörünün doğrulanması

Vektörün oluşturulma basamaklarında ilk olarak gRNA'nın modül B plazmit içerisine doğru bir şekilde klonlandığının doğrulanmasında restriksiyon enzimleri, PCR veya Sanger sekanslama kullanılabilir (Zhang et al., 2020; Hardiyani et al., 2023). Restriksiyon enzimleri eğer gRNA dizisi herhangi bir restriksiyon enzimi bölgesi içeriyorsa ya da gRNA'nın klonlanması varolan restriksiyon enzim bölgesinin yok olmasına sebep oluyorsa pratik uygulama imkanı sunduklarından dolayı tercih edilmektedir. PCR ile doğrulama işleminde ise gRNA'nın plazmit içerisindeki varlığının belirlenmesi için kullanılacak olan primerlerden bir tanesinin gRNA'nın komplementeri olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Sanger sekanslama ise gRNA'nın doğru bir şekilde plazmit içerisinde klonlandığının doğrulanmasında en güvenilir ve en çok tercih edilen yöntemdir (Yang et al., 2017; Tang et al., 2018). Bu çalışmada da gRNA'nın plazmit içerisindeki varlığı Sanger sekanslama ile doğrulanmıştır. Klonlama sonrasında gRNA dizisini içeren modül B plazmit pMOD_B2515'in *E. coli*'ye transformasyonu yapılarak LB+ampisilin antibiyotik içeren agarlı besiyerinde farklı koloniler elde edilmiştir (Şekil 4A). gRNA dizisini içeren modül B plazmit pMOD_B2515'in Benchling programında oluşturulan gen haritası Şekil 4B'de yer

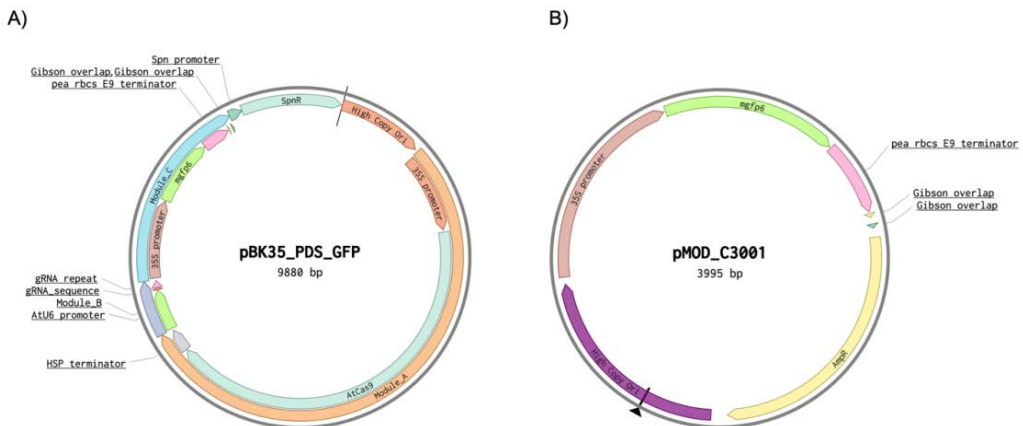
almaktadır. Elde edilen kolonilerden (Şekil 4A) seçim yapılarak plazmit izolasyonu gerçekleştirildikten sonra Sanger sekanslamaya gönderilmiş ve gRNA'nın plazmite doğru bir şekilde klonlandığı belirlenmiştir (Şekil 4C).



Şekil 4. gRNA'nın modül B içerisine klonlanması ve klonun Sanger sekanslama ile doğrulanması A) LB+ampisilin antibiyotiği içeren agarlı besiyerinde elde edilen koloniler B) gRNA içeren modül B plazmitin gen haritası C) Sanger sekanslama sonucu elde edilen kromatogram, mavi işaretlenen sekans gRNA dizisini göstermektedir.

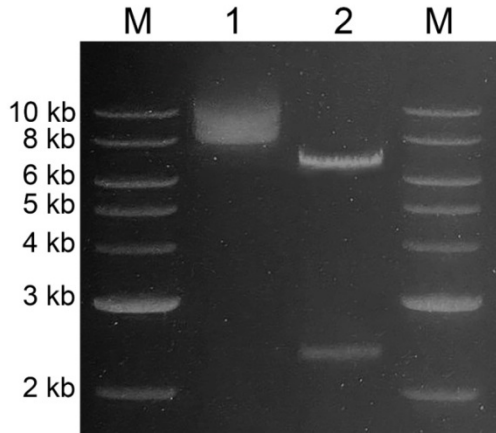
Figure 4. Cloning of gRNA into Module B and verification of the clone by Sanger sequencing: A) Colonies obtained on agar medium containing LB + ampicillin antibiotic. B) Genetic map of the Module B plasmid containing gRNA. C) Chromatogram obtained from Sanger sequencing, highlighting the blue-marked sequence representing the gRNA sequence.

Golden Gate birleştirme reaksiyonu ile elde edilen final vektörün (pBK35_PDS_GFP) Benchling programında oluşturulan gen haritası Şekil 5A'da, GFP genini içeren vektör pMOD_C3001'in gen haritası ise Şekil 5B'de verilmiştir. pBK35_PDS_GFP final vektörünün SacI restriksiyon enzimi ile kesimi sonrasında 7.4 kb ile 2.5 kb bant büyüklüklerinde iki fragment elde edilerek final vektör doğrulanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Protoplast transformasyonunda kullanılan vektörlerin gen haritası.

Figure 5. Genetic map of vectors used in protoplast transformation.



Şekil 6. Final vektörün restriksiyon enzimi ile kesimi sonrasında elde edilen agaroz jel elektroforezi görüntüsü, M: Markır (Fast DNA Ladder, NEB), 1: pBK35_PDS_GFP plazmit DNA , 2: pBK35_PDS_GFP'in *SacI* ile kesimi sonrasında elde edilen DNA fragmentleri (7.4 kb ile 2.5 kb).

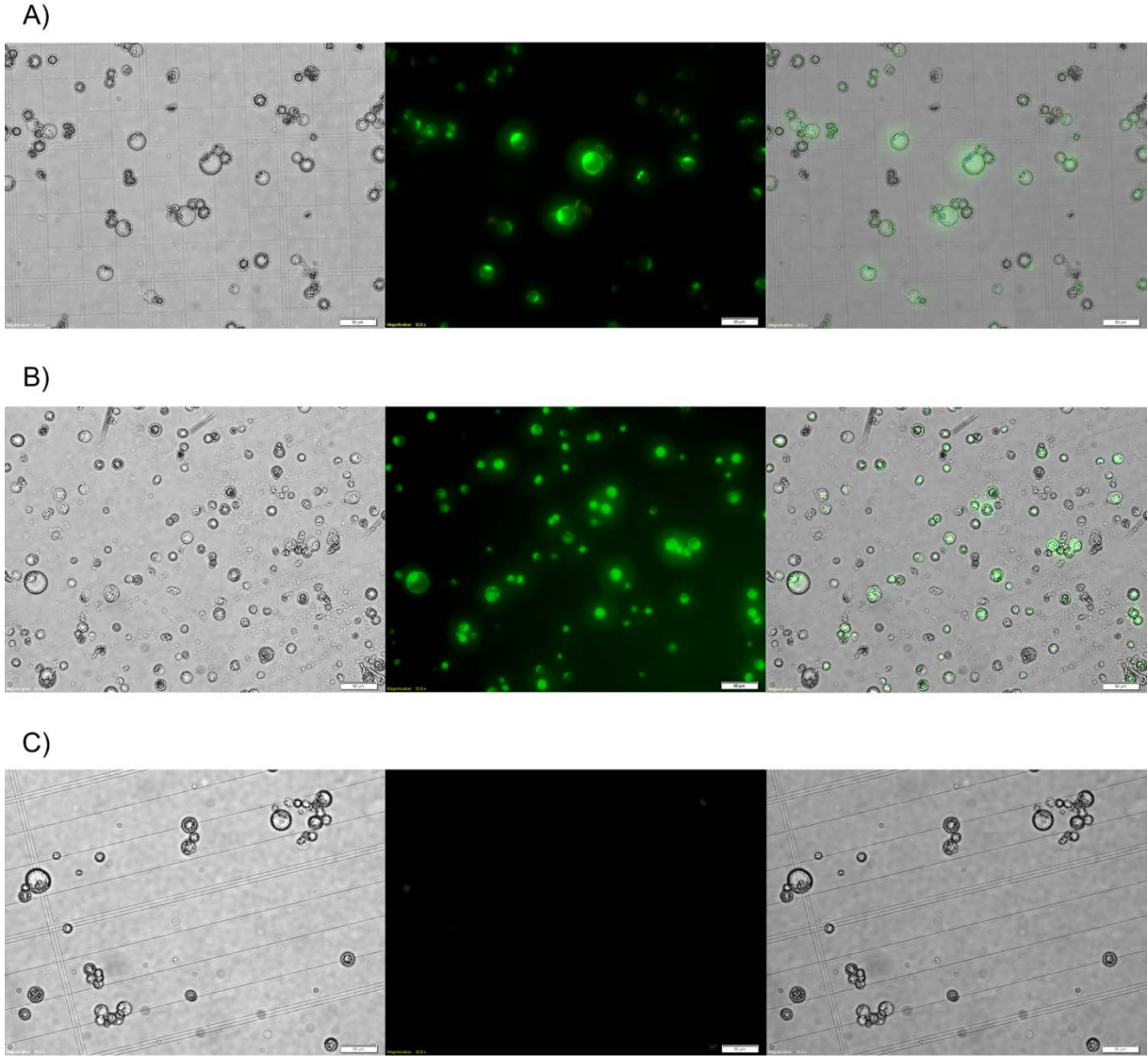
Figure 6. Agarose gel electrophoresis image obtained after digestion of the final vector with restriction enzyme, M: Marker (Fast DNA Ladder, NEB), 1: pBK35_PDS_GFP plasmid DNA, 2: DNA fragments (7.4 kb and 2.5 kb) obtained after digestion of pBK35_PDS_GFP with *SacI*.

Protoplast transformasyon verimliliği

PEG aracılı gerçekleştirilen protoplast transformasyonu sonrasında *PDS* genini hedef alan final CRISPR/Cas9 vektörünün (~10 kb) transformasyon verimliliği %40-60 olarak bulunmuştur (Şekil 7A). Sadece *GFP* genini içeren vektör pMOD_C3001 (~3 kb) ile yapılan transformasyonda ise, transformasyon verimliliği %80-90 olarak bulunmuştur (Şekil 7B). Vektör büyüklüğü transformasyon verimliliğini büyük oranda etkilemiş, vektör büyüklüğü arttıkça verimlilik düşmüştür. Transformasyonda kullanılan plazmit büyüklüğünün transformasyon verimliliğini etkilediği daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Zhang et al., 2011; Hong et al., 2012; Zhao et al., 2016). Zhao et al. (2016) asma protoplastlarında 4.6 kb ve 11 kb büyüklüğünde iki plazmit ile yaptıkları transformasyonda, sırasıyla %61 ve %86 oranında transformasyon verimliliği elde etmiştir. Transformasyonda kullanılan plazmit DNA miktarı da transformasyon verimliliğini etkilemektedir. Scintilla et al. (2022) asma protoplastlarında 10 µg, 20 µg ve 40 µg plazmit DNA'sı kullanarak yaptıkları çalışmada, plazmit DNA'sı arttıkça transformasyon verimliliğinin de arttığını belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada 5 µg'dan 160 µg'a kadar farklı miktarlarda plazmit DNA'sı kullanılarak asma protoplastlarında transformasyon gerçekleştirilmiştir. En yüksek transformasyon verimliliği 40 µg plazmit DNA'sı kullanıldığında elde edilmiştir ve plazmit DNA miktarı arttıkça transformasyon verimliliği düşmüştür (Zhao et al., 2016). PEG konsantrasyonu, transformasyon süresi, protoplast sayısı ve DNA konsantrasyonu dahil olmak üzere transformasyon verimliliğini etkileyen çeşitli faktörler hem asmada hem de farklı bitkilerde daha önce test edilmiş ve optimum koşullar rapor edilmiştir (Reed & Bargmann 2021; Zhao et al., 2016). Çalışmada negatif kontrol olarak sadece PEG ile muamele edilen protoplastlar beklenildiği gibi herhangi bir işima vermemişlerdir (Şekil 7C).

Genom düzenleme verimliliği

Transformasyonun doğrulanmasından sonra hedef mutasyon varlığının belirlenmesi için T7E1 analizi gerçekleştirilmiştir. Uyumsuzluk tespit analizi olarak da adlandırılan T7E1 analizi, CRISPR/Cas9 sistemi gibi bölgeye özgü nükleazların aktivitesini değerlendirmek için bitkilerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Pan et al., 2016; Sattar et al., 2021). T7E1 analizi mutasyonu tespit etmek için düzenleme gerçekleşen ve gerçekleşmeyen DNA iplikçiklerinin hibridizasyonuna dayanmaktadır. T7E1 homodubleks ve heterodubleks DNA arasında ayırarak, özellikle heterodubleks dsDNA'yı hedeflemektedir (Gohlke et al., 1994). Uyumsuzluklar, nükleaz enzimi tarafından kesilerek, ortaya çıkan DNA fragmentleri agaroz jel elektroforezi ile ayırılmaktadır (Sattar et al., 2021).

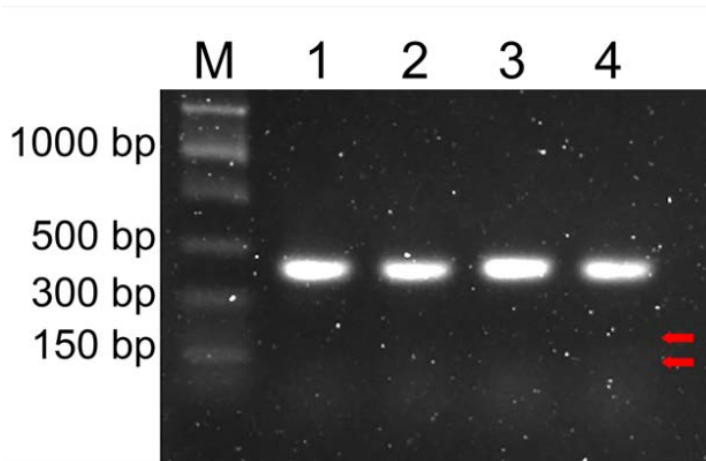


Şekil 7. Final CRISPR/Cas9 vektörün (A) ve pMOD_3001 plazmitinin (B) transformasyonu sonrasında protoplastların ve negatif kontrol olarak sadece PEG ile muamele edilen protoplastların (C) aydınlık alan (sol), floresan mikroskop (orta) ve birleştirilmiş (sağ) görüntüleri. Yeşil parlayan protoplastlar transformasyonun başarılı olduğu GFP içeren protoplastları göstermektedir.

Figure 7. Images of protoplasts after the transformation of the Final CRISPR/Cas9 vector and pMOD_3001 plasmid and as well as protoplasts treated with PEG only as a negative control (C): Bright-field microscopy (left), fluorescent microscopy (middle) and merged image (right). The green-fluorescent protoplasts indicate the success of the transformation, showing protoplasts containing GFP.

Bu çalışmada T7E1 analizi sonucunda aynı plazmit ile 3 tekrerrör olacak şekilde yapılan transformasyon sonucunda elde edilen DNA'ların agaroz jel elektroforezi ile ayrılması sonucu elde edilen jel görüntüsü Şekil 8'de verilmiştir. Bölgeye özgü tasarlanan primer ile yapılan PCR sonucunda beklenen DNA bant profilleri (411 kb) hem 3 farklı tekekkür örneğinde hem de herhangi bir uygulama yapılmayan Chardonnay DNA'sında elde edilmiştir. Ancak restriksiyon işlemi sonucunda mutasyon olan bölgelerde uyumsuz heterodubleks DNA'yı tanıyıp keserek oluşması beklenen bant profilleri elde edilememiştir (Şekil 8). T7E1 analizinin hassasiyetinin düşük olduğu başka çalışmalarda da belirtilmiştir (Sentmanat et al., 2018;

Nadakuduti et al., 2019). T7E1 analizinin özellikle SNP'lerin ve kısa ekleme/ silme'lerin tespitinde çok güvenilir sonuç vermediği rapor edilmiştir (Vouillot et al., 2015). Ayrıca, T7E1'in düşük mutasyon değişkenliği gösteren DNA örneklerinde, mutajenez oranlarını olduğundan az tahmin edebildiği de bilinmektedir (Bernabé-Orts et al., 2019). T7E1 analizi aynı zamanda DNA/enzim oranlarına ve inkübasyon süresine de bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden, optimizasyona ihtiyaç duyulabilmektedir (Nadakuduti et al., 2019). T7E1 yöntemi gibi mutasyon tespitinde kullanılan PCR/RE yöntemin de bazı dezavantajları vardır. Örneğin, hedef bölgenin restriksiyon enzimi kesim bölgesi içerme gerekliliği, CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme çalışmalarında bir PAM bölgesinin mutlak gerekliliğine ek olarak, gen düzenleme olaylarını tespit etmek için başka bir sınırlama daha eklemektedir. Bu çalışmada da olduğu gibi çoğu zaman, seçilen hedef bölgede uygun bir kesim bölgesi bulmak imkansızdır. T7E1 ve PCR/RE yöntemlerine alternatif olarak uygulanan yeni nesil sekanslama yöntemi olan ampikon sekanslama çok daha hassas ve doğru bir sonuç vermektedir. Ancak maliyetin yüksek olması, diğer tekniklere göre sonuç vermesinin daha uzun zaman alması ve sekans sonucunun analizi için biyoinformatik araçlara gereksinim duyulması bu yöntemin en önemli dezavantajlarıdır. Ayrıca primer bağlama bölgelerini kapsayan büyük eklemeler veya silmelerin bu yöntemle tespiti de sorunlara yol açabilmektedir (Nadakuduti et al., 2019). Bu çalışmada T7E1 analizi ile mutasyon varlığı tespit edilememiştir. Bu durumun sebepleri mutasyonun gerçekleşmemesi olabileceği gibi başka çalışmalarda da belirtildiği gibi yöntemin çok hassas olmamasına bağlı olarak ekstra optimizasyona ihtiyaç duyulması olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hedef bölgede eğer SNP ya da kısa ekleme ve silme meydana geldiyse T7E1 analizinin bunların tespitinde çok hassas olmaması da mutasyon görülmemesinin bir sebebi olabileceği düşünülmektedir. Daha detaylı sonuçlar için başka çalışmalarda da önerildiği gibi örneklere ampikon sekanslama yaptırılabilir (Sentmanat et al., 2018).



Şekil 8. Transforme protoplastların T7E1 analizi sonucunda elde edilen agaroz jel elektroforezi görüntüsü. M: Markır (Fast DNA Ladder, NEB), 1-3: Transformasyon gerçekleştirilen protoplastlardan 3 farklı tekrare ait örnekler, 4: Chardonnay yabani tip DNA örneği. Kırmızı oklar T7E1 analizi sonucunda elde edilmesi beklenen bant uzunluklarını göstermektedir.

Figure 8. Agarose gel electrophoresis image obtained from the T7E1 analysis of transformed protoplasts. M: Marker (Fast DNA Ladder, NEB), 1-3: Samples from three different replicates of transformed protoplasts, 4: Chardonnay wild-type DNA sample. Red arrows indicate the expected band lengths from the T7E1 analysis.

SONUÇ

Hedefe yönelik mutasyonların oluşturulmasında bitkilerde yaygın bir yöntem olarak uygulanan CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme teknolojisinin, özellikle asma gibi heterozigot genome sahip, çok yıllık bitkilerde uygulanabilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada asmada CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme için ilk aşama olan gRNA tasarımı son aşama olan protoplast transformasyonuna kadar uygulanan basamaklar başarılı bir şekilde gerçekleştirilerek, sistemin sorunsuz uygulanabilirliği

gösterilmiştir. Uygulanan protokoller ve elde edilen sonuçlar asmada hedef mutasyonların gerçekleştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda kullanılabilecektir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan plazmitleri sağlayan Prof. Dr. Adam Bogdanove ve Prof. Dr. Daniel Voytas'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: HBK; örnek toplama: HBK; verilerin analizi ve yorumlanması: HBK; istatistiksel analiz: HBK; görselleştirme: HBK; makalenin yazımı: HBK.

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederim.

Finansal Destek

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından finansal olarak desteklenmiştir (BAP, Proje No; 2020-123). Yazar finansal destek için teşekkür eder.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. Emrah ZEYBEKOĞLU tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bailey-Serres, J., J. E. Parker, E. A. Ainsworth, G. E. Oldroyd & J. I. Schroeder, 2019. Genetic strategies for improving crop yields. *Nature*, 575 (7781): 109-118. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1679-0>
- Belhaj, K., A. Chaparro-Garcia, S. Kamoun, N. J. Patron & V. Nekrasov, 2015. Editing plant genomes with CRISPR/Cas9. *Current Opinion in Biotechnology*, 32: 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.007>
- Bernabé-Orts, J. M., I. Casas-Rodrigo, E. G. Minguet, V. Landolfi, V. Garcia-Carpintero, S. Gianoglio, M. Vázquez-Vilar, A. Granell & D. Orzaez, 2019. Assessment of Cas12a-mediated gene editing efficiency in plants. *Plant Biotechnology Journal*, 17 (10): 1971-1984. <https://doi.org/10.1111/pbi.13113>
- Campos, G., C. Chialva, S. Miras & D. Lijavetzky, 2021. New technologies and strategies for grapevine breeding through genetic transformation. *Frontiers in Plant Science*, 12: 767522. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.767522>
- Cermak, T., S. J. Curtin, J. Gil-Humanes, R. Cegan, T. J. Y. Kono, E. Konecna, J. J. Belanto, C. G. Starker, J. W. Mathre, R. L. Greenstein & D. F. Voytas, 2017. A multipurpose toolkit to enable advanced genome engineering in plants. *Plant Cell*, 29 (6): 1196-1217. <https://doi.org/10.1105/tpc.16.00922>
- Chen, K., Y. Wang, R. Zhang, H. Zhang & C. Gao, 2019. CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture. *Annual Review of Plant Biology*, 70: 667-697. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100049>
- Chen, S., L. Tao, L. Zeng, M. E. Vega-Sanchez, K. Umemura & G. L. Wang, 2006. A highly efficient transient protoplast system for analyzing defence gene expression and protein-protein interactions in rice. *Molecular Plant Pathology*, 7 (5): 417-427. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00346.x>
- Chiu, W., Y. Niwa, W. Zeng, T. Hirano, H. Kobayashi & J. Sheen, 1996. Engineered GFP as a vital reporter in plants. *Current Biology*, 6 (3): 325-330. Doi: 10.1016/s0960-9822(02)00483-9
- Dalla Costa, L., M. Malnoy & I. Gribaudo, 2017. Breeding next generation tree fruits: technical and legal challenges. *Horticulture Research*, 4. <https://doi.org/10.1038/hortres.2017.67>
- Doench, J. G., E. Hartenian, D. B. Graham, Z. Tothova, M. Hegde, I. Smith, M. Sullender, B. L. Ebert, R. J. Xavier & D. E. Root, 2014. Rational design of highly active sgRNAs for CRISPR-Cas9-mediated gene inactivation. *Nature Biotechnology*, 32 (12): 1262-1267. <https://doi.org/10.1038/nbt.3026>

- Engler, C., M. Youles, R. Gruetzner, T.-M. Ehnert, S. Werner, J. D. Jones, N. J. Patron & S. Marillonnet, 2014. A golden gate modular cloning toolbox for plants. *ACS Synthetic Biology*, 3 (11): 839-843. <https://doi.org/10.1021/sb4001504>
- Feng, Z., B. Zhang, W. Ding, X. Liu, D.-L. Yang, P. Wei, F. Cao, S. Zhu, F. Zhang & Y. Mao, 2013. Efficient genome editing in plants using a CRISPR/Cas system. *Cell Research*, 23 (10): 1229-1232. <https://doi.org/10.1038/cr.2013.114>
- Giacomelli, L., T. Zeilmaker, M. Malnoy, J. Rouppe van der Voort & C. Moser, 2018. Generation of mildew-resistant grapevine clones via genome editing. XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics, 1248. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.28>
- Gibson, D. G., G. A. Benders, C. Andrews-Pfannkoch, E. A. Denisova, H. Baden-Tillson, J. Zaveri, T. B. Stockwell, A. Brownley, D. W. Thomas & M. A. Algire, 2008. Complete chemical synthesis, assembly, and cloning of a *Mycoplasma genitalium* genome. *Science*, 319 (5867): 1215-1220. <https://doi.org/10.1126/science.1151721>
- Gilissen, L. J., P. L. Metz, W. J. Stiekema & J.-P. Nap, 1998. Biosafety of *E. coli* β -glucuronidase, GUS) in plants. *Transgenic Research*, 7: 157-163. <https://doi.org/10.1023/A:1008832711805>
- Gohlke, C., A. Murchie, D. Lilley & R. M. Clegg, 1994. Kinking of DNA and RNA helices by bulged nucleotides observed by fluorescence resonance energy transfer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91 (24): 11660-11664. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.24.11660>
- Hardiyani, W. A., A. Wafa, W. I. D. Fanata & H. S. Addy, 2023. Design and construction of single guide RNA for CRISPR/Cas9 system based on the xa13 resistance gene in some varieties of rice, *Oryza sativa*). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 23 (1): 47-55. <https://doi.org/10.23960/jhptt.12347-55>
- Hassan, M. M., Y. Zhang, G. Yuan, K. De, J.-G. Chen, W. Muchero, G. A. Tuskan, Y. Qi & X. Yang, 2021. Construct design for CRISPR/Cas-based genome editing in plants. *Trends in Plant Science*, 26 (11): 1133-1152. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.06.015>
- Hong, S., P. J. Seo, S.-H. Cho & C.-M. Park, 2012. Preparation of leaf mesophyll protoplasts for transient gene expression in *Brachypodium distachyon*. *Journal of Plant Biology*, 55: 390-397. <https://doi.org/10.1007/s12374-012-0159-y>
- Hou, X., J. Rivers, P. León, R. P. McQuinn & B. J. Pogson, 2016. Synthesis and function of apocarotenoid signals in plants. *Trends in Plant Science*, 21 (9): 792-803. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.06.001>
- Howells, R. M., M. Craze, S. Bowden & E. J. Wallington, 2018. Efficient generation of stable, heritable gene edits in wheat using CRISPR/Cas9. *BMC Plant Biology* 18 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1433-z>
- Huttly, A., 2009. "Reporter Genes, 39-69". In: *Transgenic Wheat, Barley and Oats: Production and Characterization Protocols* (Eds. H. D. Jones & P. R. Shewry), Humana Press, New York, USA, 349 pp.
- Ishino, Y., H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura & A. Nakata, 1987. Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. *Journal of Bacteriology*, 169: 5429-5433. <https://doi.org/10.1128/jb.169.12.5429-5433.1987>
- Jaganathan, D., K. Ramasamy, G. Sellamuthu, S. Jayabalan & G. Venkataraman, 2018. CRISPR for crop improvement: an update review. *Frontiers in Plant Science*, 9: 985. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00985>
- Jiang, F., D. W. Taylor, J. S. Chen, J. E. Kornfeld, K. Zhou, A. J. Thompson, E. Nogales & J. A. Doudna, 2016. Structures of a CRISPR-Cas9 R-loop complex primed for DNA cleavage. *Science*, 351 (6275): 867-871. <https://doi.org/10.1126/science.aad8282>
- Jinek, M., K. Chylinski, I. Fonfara, M. Hauer, J. A. Doudna & E. Charpentier, 2012. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337 (6096): 816-821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>
- Kaya, H. B., Y. Dilli, T. Oncu-Oner & A. Ünal, 2023. Exploring genetic diversity and population structure of a large grapevine, *Vitis vinifera* L.) germplasm collection in Türkiye. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1121811. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121811>
- Kolasinliler, G., M. M. Aagre, C. Akkale & H. B. Kaya, 2023. The use of CRISPR-Cas-based systems in bacterial cell factories. *Biochemical Engineering Journal*, 194: 108880. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2023.108880>
- Konstantakos, V., A. Nentidis, A. Krithara & G. Paliouras, 2022. CRISPR-Cas9 gRNA efficiency prediction: an overview of predictive tools and the role of deep learning. *Nucleic Acids Research*, 50 (7): 3616-3637. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac192>

- Kuşaksız, E. K. & H. Çimer, 2019. Asma, *Vitis vinifera* var. Sultani çekirdeksiz) yapraklarında farklı salamura ortamlarının pestisit kalıntı düzeylerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56 (3): 267-272. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.446022>
- Lin, C. S., C. T. Hsu, L. H. Yang, L. Y. Lee, J. Y. Fu, Q. W. Cheng, F. H. Wu, H. C. W. Hsiao, Y. Zhang & R. Zhang, 2018. Application of protoplast technology to CRISPR/Cas9 mutagenesis: from single-cell mutation detection to mutant plant regeneration. Plant Biotechnology Journal, 16 (7): 1295-1310. <https://doi.org/10.1111/pbi.12870>
- Liu, X., A. Homma, J. Sayadi, S. Yang, J. Ohashi & T. Takumi, 2016. Sequence features associated with the cleavage efficiency of CRISPR/Cas9 system. Scientific Reports, 6 (1): 19675. <https://doi.org/10.1038/srep19675>
- Maher, M. F., R. A. Nasti, M. Vollbrecht, C. G. Starker, M. D. Clark & D. F. Voytas, 2020. Plant gene editing through de novo induction of meristems. Nature Biotechnology, 38 (1): 84-89. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0337-2>
- Malik, A., A. Gul, F. Munir, R. Amir, H. Alipour, M. M. Babar, S. M. Bakhtiar, R. Z. Paracha, Z. Khalid & M. Q. Hayat, 2021. Evaluating the cleavage efficacy of CRISPR-Cas9 sgRNAs targeting ineffective regions of Arabidopsis thaliana genome. PeerJ, 9: e11409. <https://doi.org/10.7717/peerj.11409>
- Malnoy, M., R. Viola, M.-H. Jung, O.-J. Koo, S. Kim, J.-S. Kim, R. Velasco & C. Nagamangala Kanchiswamy, 2016. DNA-free genetically edited grapevine and apple protoplast using CRISPR/Cas9 ribonucleoproteins. Frontiers in Plant Science, 7: 1904. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01904>
- Nadakuduti, S. S., C. G. Starker, D. K. Ko, T. B. Jayakody, C. R. Buell, D. F. Voytas & D. S. Douches, 2019. Evaluation of methods to assess in vivo activity of engineered genome-editing nucleases in protoplasts. Frontiers in Plant Science, 10: 110. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00110>
- Nakajima, I., Y. Ban, A. Azuma, N. Onoue, T. Moriguchi, T. Yamamoto, S. Toki & M. Endo, 2017. CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in grape. PLoS One, 12 (5): e0177966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177966>
- Ow, D. W., K. V. Wood, M. DeLuca, J. R. De Wet, D. R. Helinski & S. H. Howell, 1986. Transient and stable expression of the firefly luciferase gene in plant cells and transgenic plants. Science, 234 (4778): 856-859. <https://doi.org/10.1126/science.234.4778.856>
- Pan, C., L. Ye, L. Qin, X. Liu, Y. He, J. Wang, L. Chen & G. Lu, 2016. CRISPR/Cas9-mediated efficient and heritable targeted mutagenesis in tomato plants in the first and later generations. Scientific Reports, 6 (1): 24765. <https://doi.org/10.1038/srep24765>
- Qin, G., H. Gu, L. Ma, Y. Peng, X. W. Deng, Z. Chen & L.-J. Qu, 2007. Disruption of phytoene desaturase gene results in albino and dwarf phenotypes in *Arabidopsis* by impairing chlorophyll, carotenoid, and gibberellin biosynthesis. Cell Research, 17 (5): 471-482. <https://doi.org/10.1038/cr.2007.40>
- Reed, K. M. & B. O. Bargmann, 2021. Protoplast regeneration and its use in new plant breeding technologies. Frontiers in Genome Editing, 20. <https://doi.org/10.3389/fgeed.2021.734951>
- Ren, C., E. Gathunga, S. Li & Z. Liang, 2018. Application and optimization of the CRISPR/Cas9 system in grape. XII International Conference on Grapevine Breeding & Genetics 1248. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.22>
- Ren, C., Y. Guo, J. Kong, F. Lecourieux, Z. Dai, S. Li & Z. Liang, 2020. Knockout of VvCCD8 gene in grapevine affects shoot branching. BMC Plant Biology, 20 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2263-3>
- Ren, C., X. Liu, Z. Zhang, Y. Wang, W. Duan, S. Li & Z. Liang, 2016. CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis in Chardonnay, *Vitis vinifera* L. Scientific Reports, 6 (1): 32289. <https://doi.org/10.1038/srep32289>
- Sattar, M. N., Z. Iqbal, J. M. Al-Khayri & S. M. Jain, 2021. Induced genetic variations in fruit trees using new breeding tools: Food security and climate resilience. Plants, 10 (7): 1347. <https://doi.org/10.3390/plants10071347>
- Secgin, Z., M. Kavas & K. Yildirim, 2021. Optimization of Agrobacterium-mediated transformation and regeneration for CRISPR/Cas9 genome editing of commercial tomato cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45 (6): 704-716. <https://doi.org/10.3906/tar-2009-49>
- Sentmanat, M. F., S. T. Peters, C. P. Florian, J. P. Connelly & S. M. Pruett-Miller, 2018. A survey of validation strategies for CRISPR-Cas9 editing. Scientific Reports, 8 (1): 888. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19441-8>
- Shan, Q., Y. Wang, J. Li & C. Gao, 2014. Genome editing in rice and wheat using the CRISPR/Cas system. Nature Protocols, 9 (10): 2395-2410. <https://doi.org/10.1038/nprot.2014.157>
- Svitashev, S., J. K. Young, C. Schwartz, H. Gao, S. C. Falco & A. M. Cigan, 2015. Targeted mutagenesis, precise gene editing, and site-specific gene insertion in maize using Cas9 and guide RNA. Plant Physiology, 169 (2): 931-945. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00793>

- Tang, T., X. Yu, H. Yang, Q. Gao, H. Ji, Y. Wang, G. Yan, Y. Peng, H. Luo & K. Liu, 2018. Development and validation of an effective CRISPR/Cas9 vector for efficiently isolating positive transformants and transgene-free mutants in a wide range of plant species. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1533. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01533>
- Öncü-Öner, T., M. Temel, S. Pamay, A. K. Abaci & H. B. Kaya, 2023. an improved method for efficient DNA extraction from grapevine. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 6 (1): 21-36. <https://doi.org/10.38001/ijlsb.1150387>
- Vouillot, L., A. Th  lie & N. Pollet, 2015. Comparison of T7E1 and surveyor mismatch cleavage assays to detect mutations triggered by engineered nucleases. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 5 (3): 407-415. <https://doi.org/10.1534/g3.114.015834>
- Wada, N., R. Ueta, Y. Osakabe & K. Osakabe, 2020. Precision genome editing in plants: state-of-the-art in CRISPR/Cas9-based genome engineering. *BMC Plant Biology*, 20: 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02385-5>
- Wan, D., Y. Guo, Y. Cheng, Y. Hu, S. Xiao, Y. Wang & Y.-Q. Wen, 2020. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of VVMLO3 results in enhanced resistance to powdery mildew in grapevine, *Vitis vinifera*. *Horticulture Research*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0339-8>
- Wang, L., H. B. Kaya, N. Zhang, R. Rai, M. R. Willmann, S. C. Carpenter, A. C. Read, F. Martin, Z. Fei & J. E. Leach, 2021. Spelling changes and fluorescent tagging with prime editing vectors for plants. *Frontiers in Genome Editing*, 3: 617553. <https://doi.org/10.3389/fgeed.2021.617553>
- Wang, S., S. Zhang, W. Wang, X. Xiong, F. Meng & X. Cui, 2015. Efficient targeted mutagenesis in potato by the CRISPR/Cas9 system. *Plant Cell Reports*, 34: 1473-1476. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1816-7>
- Wang, X., M. Tu, D. Wang, J. Liu, Y. Li, Z. Li, Y. Wang & X. Wang, 2018. CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis in grape in the first generation. *Plant Biotechnology Journal*, 16 (4): 844-855. <https://doi.org/10.1111/pbi.12832>
- Yang, H., J.-J. Wu, T. Tang, K.-D. Liu & C. Dai, 2017. CRISPR/Cas9-mediated genome editing efficiently creates specific mutations at multiple loci using one sgRNA in *Brassica napus*. *Scientific Reports*, 7 (1): 7489. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07871-9>
- Yin, K., C. Gao & J.-L. Qiu, 2017. Progress and prospects in plant genome editing. *Nature Plants*, 3 (8): 1-6. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.107>
- Zhang, N., H. M. Roberts, J. Van Eck & G. B. Martin, 2020. Generation and molecular characterization of CRISPR/Cas9-induced mutations in 63 immunity-associated genes in tomato reveals specificity and a range of gene modifications. *Frontiers in Plant Science*, 11: 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00010>
- Zhang, Y., J. Su, S. Duan, Y. Ao, J. Dai, J. Liu, P. Wang, Y. Li, B. Liu & D. Feng, 2011. A highly efficient rice green tissue protoplast system for transient gene expression and studying light/chloroplast-related processes. *Plant Methods*, 7 (1): 1-14. <https://doi.org/10.1186/1746-4811-7-30>
- Zhao, F., Y.-J. Li, Y. Hu, Y.-R. Gao, X.-W. Zang, Q. Ding, Y.-J. Wang & Y.-Q. Wen, 2016. A highly efficient grapevine mesophyll protoplast system for transient gene expression and the study of disease resistance proteins. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 125: 43-57. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0928-7>



Derleme
(Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2025, 62 (1):133-149

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1426043>

Zeynel DALKILIÇ ^{1*}

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
09970, Aydın, Türkiye

*Sorumlu yazar (Corresponding author):

zdalkilic@adu.edu.tr

Bahçe bitkilerinde önemli karakterlerle ilişkili moleküler belirteçlerin Küme Segregasyon Analizi (BSA) ile belirlenmesi

Determination of molecular markers reated with important characteristics using Bulk Segregant Analysis (BSA) in horticultural plants

Received (Alınış): 26.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi):09.10.2024

ÖZ

Küme Segregasyon Analizi (BSA, Bulk Segregant Analysis), bir popülasyonda sadece belirli bir özelliğin birbirine zıt en üst ve en alt iki aşırı uçundaki bireylerin arasındaki farklılığı ortaya çıkaran güçlü bir yöntemdir. Hem üst hem de alt kümeyi oluşturmak için eşit sayıda birey kullanılır. Bir özellik için karşılaştırılan iki küme ve iki ebeveyn, onları birbirinden ayıran belirteçleri belirlemek için analiz edilir. En üst ve en alt uçtaki bireylerin her birinden DNA çıkartılır. Üst uçtaki bireylerin her birinden eşit miktarda DNA bir deney tüpünde ve alt uçtaki bireylerin her birinden eşit miktarda DNA başka bir deney tüpünde olmak üzere iki ayrı deney tüpünde karıştırılır. İki kümenin DNA örneği moleküler belirteçler yardımıyla karşılaştırılır. Her bir kümedeki bireyler, sadece ilgilenilen gen bakımından özdeştir. BSA yöntemi hem kalitatif (tek genli) hem de çok genli (kantitatif) kalıtım sergileyen özellikler konusunda başarılı sonuçlar vermektedir. Dominant (RAPD, ISSR, AFLP, SRAP) ve kodominant (RFLP, SSR, SCAR, CAPS, SNP, QTL-Seq) belirteç sistemleri kullanılabilmektedir. Bu derlemenin amacı, BSA yönteminin oluşturulma stratejisini tanıtmak ve bahçe bitkilerindeki önemli karakterler ile ilişkili moleküler belirteçlerin belirlenmesindeki kullanımını ortaya koymaktır.

Anahtar sözcükler: Bitki büyüme ve gelişme özellikleri, fenotip, genotip, kalitatif ve kantitatif özellikler, moleküler belirteçler, PCR

Keywords: Plant growth and development characteristics, phenotype, genotype, qualitative and quantitative traits, molecular markers, PCR

ABSTRACT

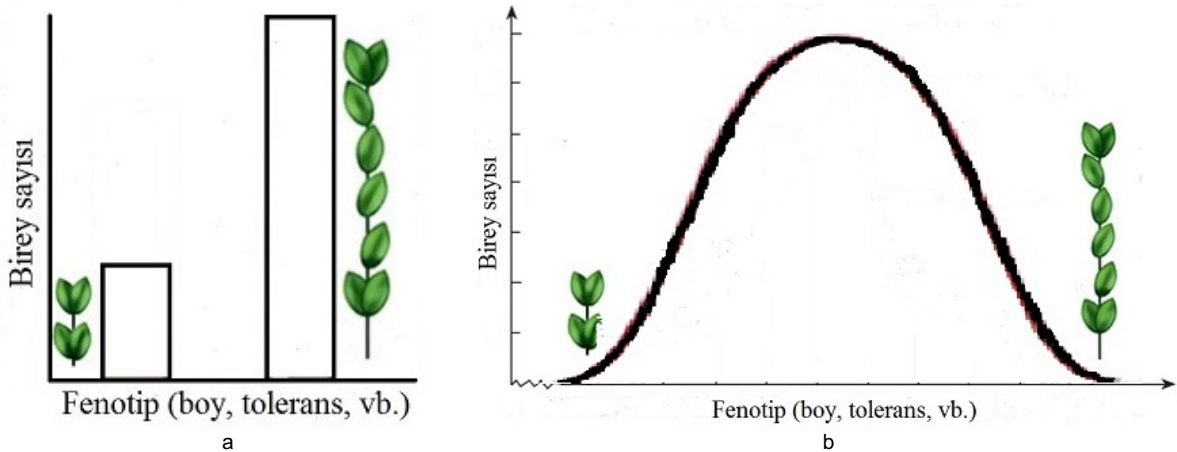
Bulk Segregant Analysis (BSA) is a powerful method reveals only the differences between individuals opposite to each other for a particular trait at the top and bottom two extremes of a population. Equal number of individuals are used to make up both the top and bottom cluster (bulk). The two bulks and the two parents compared for a trait are analyzed to identify the markers that distinguish them. DNA from each individual at both ends are extracted separately. Equal amounts of DNA from the individuals located at the top and bottom extreme are mixed in separate test tubes. The DNA samples from these two bulks are compared using molecular markers. Individuals in each bulk are identical only for the gene of interest. The BSA method gives successful results for traits exhibiting both qualitative (monogenic) and quantitative (multigenic) inheritance. Dominant (RAPD, ISSR, AFLP, SRAP) and codominant (RFLP, SSR, SCAR, CAPS, SNP, QTL-Seq) marker systems can be used. The objective of this review is to introduce the creation strategy of the BSA method and to reveal its functioning in determining important characters and comprehensive markers in horticultural plants.

GİRİŞ

İnsan popülasyonu 2000 yılında 6.2 milyarken 2022'de 8 milyar olmuş, 2050 yılında 9.7 milyar olması ve 2100'de 11 milyara yaklaşması beklenmektedir. Sağlıklı beslenmede kullanılan kültür bitkilerine olan talep ile tarımsal faaliyetlerle elde edilen ürün miktarı arasındaki fark gün geçtikçe açılmaktadır. Bu durum özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerdeki nüfus üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bitki ıslahı 1930'lardan beri beslenmede yararlanılan ürün miktarının artırılmasında benzeri görülmemiş katkı sağlamaktadır (Wallace et al., 2018; Wang et al., 2023).

Ürünlerin kültüre alınması ve ıslahın tarihi açısından bakıldığında, ıslah dört stratejik döneme ayrılabilir: Islah 1.0-4.0. Islah 1.0, insanlık tarihindeki atalarımızın orijinal ürünleri kültüre almasıyla başlamıştır. Islah 2.0, kendileme depresyonu (inbreeding depression) ile Mendel genetiğinin yeniden keşfi ve kantitatif genetiğin belirlenmesi aşamasıdır. Islah 3.0, bitki ıslahına moleküler belirteçleri dâhil etmesiyle önceki iki dönemden ayrılır. Islah 4.0 ile yüksek verimli ve çevreye iyi uyum sağlayan yeni çeşitlerin oluşturulması amacıyla, arzu edilen genlerin ve allellerin bir çeşide hassas ve verimli bir şekilde eklenmesi beklenmektedir (Wallace et al., 2018).

Bitki ıslahında ilerlemenin sağlanabilmesi için yeterli varyasyonun bulunması gerekir. Bir popülasyondaki belirli bir özellik için fenotipik (dış görünüş) olarak sergilenen varyasyon (bireyler arasındaki farklılık) gözlenerek (nitel) ya da ölçülerek (nicel) belirlenir (Majeed et al., 2022). Örneğin farklı ebeveyn hatları içeren su kabağı (*Lagenaria siceraria*) melezlerinin tuza karşı stresinin saptanması gibi (Aydın & Başak, 2023). Takip edilen özellikler kesintili (nitel, kalitatif, tek genli) ya da sürekli (nicel, kantitatif, çok genli) kalıtım sergileyebilir. Kalitatif özellikler var (1) veya yok (0) şeklinde değerlendirilir ve histogram ile gösterilir (Şekil 1a). Kalitatif özellikler etkisi güçlü bir genin kontrolü altında kalıtılır. Örneğin Gregor Mendel'in bezelyelerde izlediği tohum rengi ve şekli vb. Kalitatif özelliklerde organizmanın genotipi ile fenotipi arasında doğrudan bir ilişki vardır ve kalıtım mekanizması oldukça basittir. Her bir genotip belirli bir fenotip oluşturur. Kantitatif özellikler ise ikiden fazla formda gözlenebilir. Bitkilerin oluşturduğu popülasyon çan eğrisi şeklinde poligon görünümündedir (Şekil 1b). Kantitatif özellikler etkisi zayıf ve çevresel etmenlerden etkilenebilen çok sayıda genin kontrolü altında kalıtılır. Örneğin bitki boyu, kuru madde miktarı, olgunlaşma zamanı, verim vb. Kantitatif özellikler konusunda organizmanın fenotipini etkileyecek farklı genotipler bulunabilir ve kalıtım mekanizması oldukça karmaşıktır (Pierce, 2021).



Şekil 1. Fenotip özellikleri a) kalitatif, b) kantitatif (Pierce, 2021'den değiştirilerek).

Figure 1. Phenotypic traits a) qualitative, b) quantitative (modified from Pierce, 2021).

Moleküler belirteç (marker) sistemlerinden yararlanılarak yapılan haritalamada ve ilişkilendirmede temel alınan kavram, varsayılan bağlantı grubu (kromozomları temsil eder) üzerindeki lokus (genin bulunduğu bölge) ile elde edilen belirtecin veya belirteçlerin arasındaki mesafeye dayanır. Tahmini gen ile

bulunan belirteç arasındaki mesafe ne kadar uzaksa, ikisinin arasında rekombinasyon (crossingover) olma olasılığı da o kadar yüksektir (Quarrie et al., 1999). Bir başka deyişle, rekombinasyon oranı ne kadar düşükse, genin ve belirtecin birbirine yakın olma olasılığı o kadar yüksektir. Klasik ıslah ve geleneksel bağlantı haritası (linkage map) oluşturulması zor, pahalı ve zaman alıcıdır. Biyoinformatik ve yüksek verimli dizileme (high-throughput sequencing) teknolojilerinin gelişimi sayesinde genom haritalama çalışmaları hedefe yönelik olarak daha etkili, zaman tasarruflu ve ucuza yapılabilmektedir (Best & McSteen, 2022). Bu nedenle, belirteç yardımıyla seleksiyondan (**MAS**, **Marker-Assisted Selection**) yararlanılmaktadır.

Bitki ıslahında bireylerin karakterizasyonu başlıca iki yolla yapılabilir. Bireysel Segregasyon Analizi (**ISA**, **Individual Segregant Analysis**) yöntemi tek tek bireyleri genotiplerine göre nitel olarak moleküler belirteç(ler) ile ilişkilendirerek farklı gruplar halinde incelemektedir. Ancak bu yöntemde takip edilen fenotipik özelliğin, moleküler belirteçlerle bağlantılı olan genotip ile ilişkisi kolaylıkla gösterilememektedir. Çalışılan geniş ölçekli popülasyondaki her bir bireyin genotiplenmesi karmaşık, uzun, zahmetli ve pahalı bir süreçtir (Majeed et al., 2022). ISA'nin yukarıda bahsedilen olumsuz yönünün iyileştirilmesi için BSA yönteminin kullanılması daha çok yardımcı olmaktadır. BSA, organizma genomunun belirli bir bölgesindeki ya da bölgelerindeki özellikler ile ilişkili aday gen veya genlere bağlı belirteç belirleme yöntemidir.

Yapılan kaynak taraması sonucunda BSA konusunu detaylı şekilde açıklayan Türkçe kaynağa rastlanmamıştır. Bu derlemenin amacı, BSA yönteminin oluşturulma stratejisini tanıtmak ve bahçe bitkilerindeki önemli karakterler ile ilişkili moleküler belirteçlerin belirlenmesindeki kullanımını ortaya koymaktır.

BSA oluşturma stratejisi

Küme Segregasyon Analizi (**BSA**, **Bulked Segregant Analysis**) canlılar aleminde çalışılan bir popülasyon içinde sadece belirli bir özelliğin "birbirine zıt" en üst ve en alt iki aşırı uçundaki bireylerin arasındaki farklılığı ortaya çıkarmak amacıyla kullanılır. Bu yöntem, bir melezlemeden elde edilen segregasyon gösteren bir popülasyondan oluşturulan iki kümedeki bireylerin DNA örneklerinin karşılaştırılmasıyla yapılır. Her bir kümedeki bireyler, sadece ilgilenilen gen ya da özellik bakımından özdeşdir (ortaktır). Ancak diğer genler veya özellikler için özdeş değildir. Bir başka deyişle, her bir grup içinde, incelenen özellik dışındaki diğer tüm özellikler bakımından bireyler arasındaki varyasyonun rastgele olduğu kabul edilir ve göz ardı edilir. Bir özellik için iki zıt kutbu içeren (örneğin belirli bir hastalığa dayanıklılık ve hassaslık) iki küme arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla moleküler belirteçler ile analiz edilir. Kümeler arasında polimorfizm sergileyen belirteçlerin, ilgilenilen özelliği belirleyen lokus ile genetik olarak yakın bağlantıda olduğu düşünülür (Michelmore et al., 1991). BSA genetik, genomik ve ıslah çalışmalarında kullanılabilen oldukça güçlü bir yöntemdir. Hem üst hem de alt kümeyi oluşturan "eşit sayıda" bireylerden ayrı ayrı DNA çıkartılır. Bir özellik için karşılaştırılan iki küme ve varsa iki ebeveyn, onları birbirinden ayıran belirteçleri belirlemek için analiz edilir. BSA'nın temelinde öncelikle izlenecek özellik bakımından farklı uçlarda yer alan iki ebeveyn seçilir ve bunlar arasında kontrollü melezleme yapılır. BSA çalışması için F₂, çift (katlanmış) haploid (**DH**, **Doubled Haploid**) veya rekombinant kendilenmiş hat (**RIL**, **Recombinant Inbred Line**) popülasyonunda çeşitlilik gösteren bireyler kullanılabilir. Sonrasında bu özelliğin genom boyunca yayılmış moleküler belirteçlerle genotipik olarak ilişkilendirilmesi gerekir. Popülasyon içinde takip edilen özelliğin "birbirine zıt" en üst uça ve en alt uça olmak üzere iki durumunu sergileyen ve eşit sayıdaki bireyle iki ayrı küme (havuz, grup, bulk) oluşturulur. Her bir kümede eşit sayıda olmak şartıyla 14-20 (Michelmore et al., 1991) ya da 7-14 (Giovannoni et al., 1991) arasında birey kullanılabilir. Araştırmamanın içeriğine bağlı olarak her kümede kullanılan birey sayısı değiştirilebilir. En üst uçtaki bireylerin her birinden eşit miktarda DNA bir deney tüpünde (Eppendorf®) ve en alt uçtaki bireylerin her birinden eşit miktarda DNA "başka" bir deney tüpünde olmak üzere iki ayrı deney tüpünde karıştırılır. Bu iki kümenin DNA örneği moleküler belirteçler yardımıyla karşılaştırılır. Örneğin, Mendel'in çalıştığı bezelyelerin uzun veya kısa olması, marulun hastalığa dirençli veya hassas olması vb (Quarrie et al., 1999; Vardar-Kanlıtepe et al., 2010).

DNA kümelerinin oluşturulduğu segregasyon gösteren bir popülasyon kullanılarak hedef lokus ile polimorfik moleküler belirteç arasındaki bağlantı (linkage) belirlenir. Dominant sistemler için primer ve

kodominant sistemler için probe kullanılır. Lokus için polimorfik olarak bulunan primerler ya da problemler, ilişkili gen veya bölgeyi tespit etmek amacıyla, kümeleri oluşturmada kullanılan bireyleri birbirinden ayırt etmek için test edilir. İlgilenilen gen ile ilişkili olmayan jel bantları her iki kümede de benzer yoğunlukta gözlenir. BSA herhangi bir yeni bant varyasyonu oluşturmaz. Buna karşın pek çok sayıda lokusun hızlı şekilde taranmasına imkân vererek hedef bölgede segregasyon sergileyen belirteçlerin tanımlanmasını sağlar (Michelmore et al., 1991). BSA yönteminde kullanılacak bireylerin geldiği kaynağa göre iki farklı uygulama şekli olabilir. Birincisinde kullanılacak bireyler herhangi bir melezlemeden oluşturulur. Bir başka deyişle, zıt özellikteki iki genotip ya da mutant ile yabancı bitki (wild type) melezlenerek açılım elde edilir. İkincisinde ise kullanılacak bireyler farklı geçmişe sahip karma bir popülasyondan gelir (Zou et al., 2016). BSA'nın birinci kullanım alanı, tercihen elde edilen F₂ açılım popülasyonu ile çalışmaktır. Bu popülasyona ulaşmanın zaman aldığı çok yıllık bitkilerde, takip edilecek özellik yönünden açılım sergileyen katlanmış haploid, rekombinant kendilenmiş hat (Quarrie et al., 1999) veya geri melezleme (**BC**, **Back-Crossing**) (Dalkılıç et al., 2005) popülasyonu gibi herhangi bir popülasyon da kullanılabilir. Dominant allel ile kontrol edilen kalıtım mekanizmasında F₂ popülasyonu tercih edilirken, resesif allel ya da QTL ile kontrol edilen kalıtım mekanizmasında katlanmış haploid veya rekombinant kendilenmiş hat kullanılması önerilir (Quarrie et al., 1999). BSA'nın ikinci kullanım alanı, araştırmada kullanılan bireylerin genetik olarak çok farklı olması ve büyük ihtimalle yabancı döllenmiş karma (mixture, composite) bir popülasyondan gelmesi durumudur. Bu ikinci durumdaki popülasyonlarda takip edilecek özelliğin çok fazla allelinin mevcut olması mümkündür (Quarrie et al., 1999).

Teknolojinin ilerlemesiyle polimeraz zincir reaksiyonu (**PCR**, **Polymerase Chain Reaction**) sayesinde ve ucuzlayan baz dizilimi (sequencing) maliyetleri, BSA'nın ikinci nesil baz dizilimi (**NGS**, **Next-Generation Sequencing**) yöntemine uyarlanmasıyla (Song et al., 2017; Best & McSteen, 2022; Li & Xu, 2022), bitki özelliği ile ilişkili genom analizleri ileri bir boyuta taşınmıştır (Majeed et al., 2022). BSA yöntemi hem tek genli (Dakouri et al., 2018) hem az sayıda genli (oligenik) (Song et al., 2017) hem de çok sayıda genli (**QTL**, **Quantitative Trait Loci**) (Liang et al., 2020; Zhang & Panthee, 2020; de la Fuente Cantó & Vigouroux, 2022) kalıtımın takip edilmesinde kullanılmaktadır.

Bahçe bitkilerindeki önemli karakterler ile ilişkili moleküler belirteçlerin belirlenmesinde BSA yönteminin kullanımı

Bahçe bitkilerinde BSA'da kullanılan dominant polimorfizm gösteren moleküler belirteçler

RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA, rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA): Marulda (*Lactuca sativa*, $n=x=9$, Asteraceae) fungal (mantarî) bir hastalığa (*Bremia lactucae*) dayanıklılık/hassasiyet konusu RAPD moleküler belirteçleriyle çalışılarak ortaya konmuştur. Öncelikle takip edilecek fungal hastalığa dayanıklılık bakımından (*Dm3*, *Dm4*, *Dm5/8* genleri) Calmar (homozigot dayanıklı) × Kordaat (homozigot hassas) ebeveyn arasında yapılan melezlemeden elde edilen F₂ popülasyonundan 14-20 bitki dayanıklı ve hassas kümede 120 RAPD primeri (Operon A-F) ile test edilmiştir. Kümeler arasında polimorfizm sergileyen OPI11 primeri *Dm3* geni ile 2 cM, R62 primeri *Dm4* geni ile 15 cM uzaklıkta haritalanmıştır. OPH04₈₀₀, OPF12₁₄₀₀ ve OPH15₁₉₆₀ RAPD belirteçleri *Dm5/8* geni ile bağlantılı bulunmuştur. RFLP ve RAPD belirteçleri hedeflenen genin ön ve arka bölgesine 25 cM mesafede haritalanmıştır (Michelmore et al., 1991).

Elmada (*Malus floribunda*, *M. × domestica*, $n=x=7$, Rosaceae) uyuz (scab, *Venturia inaequalis*) hastalığına dayanıklılık lokusu (*Vj*) 15 dayanıklı ve 7 hassas genotipte çalışılmıştır. Her bir kümede altı dayanıklı ve altı hassas birey yer almış ve 59 RAPD primeri ile test edilmiştir. Bir RAPD belirtecinin (OPA15₉₀₀) hastalığa dayanıklılık konusunda *M.floribunda*'dan *M. × domestica*'ya geçmiş olduğu belirlenmiştir (Durham & Korban, 1994).

Domateste (*Lycopersicon esculentum* × *L. pennellii*, $n=x=12$, Solanaceae) yapılan melezleme ile 67 F₂ popülasyonu oluşturulmuştur. Elde edilen haritalama popülasyonunda kromozom 11 üzerindeki çiçek

sapı (pedicel) absiyonu (*jointless*) lokusu (*j-1*) ve kromozom 10 üzerindeki meyve olgunlaşması (*non-ripening*) lokusu (*nor*) için 7'şer ve 14'er birey kullanılarak iki farklı grup DNA kümesi 200 RAPD primeri ile test edilmiştir. Verilerden 5 cM, 10 cM ve 15 cM bağlantı ihtimali tahmini için sırasıyla ≤ 40 , ≤ 10 ve ≤ 5 birey kullanılarak iki DNA kümesi yapılması tavsiye edilmiştir. 38D primerinden elde edilen 38J belirtecinin *j-1* geni ile yakın ilişkili olduğu ve 307N primerinden elde edilen 307N belirtecinin *nor* geni ile yakın ilişkili olduğu bulunmuştur. 148B primerinden elde edilen bir belirtecin kromozom 11 üzerindeki *j-1* genine 45 cM uzaklıkta olduğu belirlenmiştir (Giovannoni et al., 1991). Domateste lekeli solgunluk virüsü (TSWV, tomato spotted wilt virus) hastalığına dayanıklılık lokusunun (*Sw-5*) kalıtımı eksik dominant (heterozigot bitkiler, homozigot bitkilerden daha az dayanıklıdır) kalıtım ile kontrol edilmektedir. Stevens (dayanıklı) × Trend (hassas) melezlemesinden F₂ popülasyonu oluşturulmuştur. Her bir kümede 67 tolerant ve 33 hassas birey yer almış ve 130 RFLP probu, 382 RAPD primeri ve 1 SCAR primeri ile test edilmiştir. Kromozom 9'daki *Sw-5* lokusuna bağlı bir RAPD belirteci (R2) SCAR belirtecine (SC-R2) dönüştürülmüştür. Elde edilen SC-R2 SCAR belirtecinin domateste TSWV'nin test edilmesinde ve MAS'nda kullanılabileceği belirtilmiştir (Chagué et al., 1996).

Biberde (*Capsicum annuum*, $n=x=12$, Solanaceae) patates Y virüsü (PYV) hastalığına dayanıklılığın kalıtımı tek bir dominant gen (*Pvr4*) ile kontrol edilmektedir. KM1 (hassas) × CM334 (dayanıklı) melezlemesinden F₁, F₂ ve BC₁ popülasyonları oluşturulmuştur. Her bir kümede 12 dayanıklı ve 12 hassas birey yer almış ve 147 tek ve 46 ikili kombinasyon şeklinde toplam 193 RAPD primeri ile test edilmiştir. Çalışma sonucunda PR-13 primeri dayanıklı ve hassas kümeler arasındaki ilk PCR analizinde polimorfizm göstermesine rağmen tekrar edilememiştir. OPG12 primerinin ise biberdeki PYV hastalığının belirlenmesi için üzerinde daha fazla incelemeye değer olduğu bulunmuştur (Ekbiç et al., 1999).

Turuncgillerde, kök ve gövde çürüklüğüne neden olan *Phytophthora* spp. fungusuna tolerans, Pearl (hassas) × Flying Dragon (FD) (tolerant) ve Sunki (hassas) × FD (tolerant) melezlemelerinden elde edilen F₁ bitkilerinde incelenmiştir. Hastalığa toleransın çoklu gen kalıtımı izlediği bulunmuştur. Her bitki popülasyonunda ayrı ayrı her bir kümede 5 tolerant ve 5 hassas birey yer almıştır. Toplam 492 RAPD primeri kullanılmıştır. Bunlardan 19 primer temiz ve tekrarlanabilir bant vermiştir. Pearl × FD popülasyonunda 44 polimorfik bant elde edilmiştir. Bunlardan C15₆₅₀ ile C15₇₀₀ 2.1 cM, AH6₈₀₀ ile AB1₉₀₀ 4.2 cM ve AC19₁₃₀₀ ile AM3₇₀₀ 4.4 cM mesafede hastalığa tolerans ile ilişkili olarak en yakın şekilde haritalanmıştır. Sunki × FD popülasyonunda 28 polimorfik bant elde edilmiştir. Bunlardan AA11₂₁₀₀ ile AA1₁₂₀₀ 2.4 cM, AJ18₁₀₀₀ ile X18₁₀₀₀ 4.9 cM ve AC19₁₃₀₀ ile E16₂₂₀₀ 5.7 cM mesafede hastalığa tolerans ile ilişkili olarak en yakın şekilde haritalanmıştır (Dalkilic, 1999).

Hindistan cevizinde (*Cocos nucifera*, $n=x=16$, Arecaceae) öldürücü sararma (LY, lethal yellowing) fitoplazma hastalığına dayanıklılığın kalıtımı çalışmasında 20'şer bireyden oluşturulan West African Tall (WAT, hassas), Malayan Yellow Dwarf (MYD, tolerant) ve Atlantic Tall (AT, tolerant) bitki popülasyonları kullanılmıştır. Her bir kümede 15 dayanıklı ve 15 hassas birey yer almış ve 80 RAPD primeri ile test edilmiştir. AT popülasyonunda 5 RAPD belirtecinin (B4₅₇₀, A11₉₉₀, B11₁₁₄₀, AL3₁₁₆₀ ve AL7₃₅₀) LY'ye dayanıklılık MAS çalışmalarında kullanılabileceği bulunmuştur (Cardeña et al., 2003).

'Minneola' tanjelosunda (*Citrus paradisi* cv. Duncan × *C. reticulata* cv. Dancy, $n=x=9$, Rutaceae) Alternaria kahverengi benek hastalığının (*Alternaria alternata*) Shinn izolatına dayanıklılık tek resesif allel (*aaM1*) ile kontrol edilmektedir. Çalışmada hastalığa dayanıklı Clementine mandarini (*C. reticulata*) × hassas LB#8-10 ('Clementine' × 'Minneola') geri melezleme (BC₁) popülasyonu kullanılmıştır. Her bir kümede 5 dayanıklı ve 5 hassas birey yer almış ve 492 RAPD primeri ile test edilmiştir. Bunlardan 9 primer 11 temiz ve tekrarlanabilir polimorfik bant vermiştir. Hastalığa hassasiyete neden olan *AaM1* alleli ile P12₈₅₀ (15.3 cM) ve AL3₁₂₅₀ (36.7 cM) belirteçleri arasında zayıf coupling (aynı kromozom üzerinde) ilişkisi bulunmuştur (Dalkilic et al., 2005).

Keçiboynuzunda (*Ceratonia siliqua*, $n=x=12$, Caesalpinoideae, Fabaceae) cinsiyetin kalıtımı açık tozlanan bitkilerle çalışılmıştır. Her bir kümede 5 dişi ve 5 erkek birey yer almış ve 130 RAPD primeri ile

test edilmiştir. Çalışmada kullanılan OPA17 primerinden elde edilen 750 bp uzunluğundaki bir bant dişi bireylerin hiçbirinde gözlenmezken, erkek bireylerin dördünde gözlenmiştir. OPA17₇₅₀ belirtecini keçi boynuzu bitkilerinin gençlik kısırlığı döneminde erkek cinsiyetin belirlenmesi konusunda %80 güvenle kullanılabileceği bildirilmiştir (Kaya & Dalkılıç, 2021).

Narda (*Punica granatum*, $n=x=8$, Lythraceae) bitki boyu ile ilişkili RAPD belirteci bulunmasında bodur (*P. nana*) × normal boylu (*P. granatum*) F₁ melezleri kullanılmıştır. Her bir kümede 7 bodur ve 7 normal boylu birey yer almış ve 120 RAPD primeri ile test edilmiştir. OPM07 primerinden elde edilen 650 bp uzunluğundaki bant ana ebeveyn, bodur nar kümesi ve bodur kendilemesindeki bitkilerde gözlenmezken, baba ebeveyn, normal boylu nar kümesi ve dört normal boylu nar melezinde görülmüştür. OPM07₆₅₀ RAPD belirtecini narda bitki boyu özelliği ile %57 ilişkili olduğu belirlenmiştir (Şimşek Uçkun & Dalkılıç, 2022). Narda tohum sertliği konusunda sert tohumlu (Ernar) ve yumuşak tohumlu (Fellahyemez) ebeveyn arasında yapılan karşılıklı melezlemeden elde edilen bireylerde çalışılmıştır. Her bir kümede 5-7 yumuşak tohumlu ve 5-7 sert tohumlu birey yer almış ve 260 RAPD primeri ile test edilmiştir. OPK12 primerinden elde edilen 571 bp uzunluğundaki bant yumuşak tohum oluşumu ve 608 bp uzunluğundaki bant sert tohumluluk özelliği ile ilişkili bulunmuştur. OPK12 RAPD primerinden elde edilen iki polimorfik banttan oluşturulan iki InDel (insersiyon-delesyon) primeri kullanılarak sert tohumlu bireylerde sadece 156 bp uzunluğunda bant gözlenirken yumuşak tohumlularda hem 156 bp hem de 123 bp uzunluğunda bantlar gözlenmiştir. OPA108 primerinden elde edilen 700 bp uzunluğundaki bant yumuşak tohumlu bireylerde gözlenirken sert tohumlu bireylerde gözlenmemiştir. İki RAPD belirtecini (OPK12 ve OPA108) narda gençlik kısırlığı dönemindeki MAS ıslah çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir (Yazıcı et al., 2023).

ISSR (Inter Simple Sequence Repeat, basit dizi tekrarları arası): Börülcede (*Vigna unguiculata*, $n=x=11$, Fabaceae), *Colletotrichum lindemuthianum* fungusunun neden olduğu antraknoz hastalığına dayanıklılığın mekanizması araştırılmıştır. Yer tipi sürünücü 'Sharika' (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) (hassas) × arazi tipi yarı sürünücü 'Kanakamony' (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica*) (dayanıklı) ile karşılıklı (resiprok) melezlenmiştir. Toplam 30 F₁ ve 163 F₂ bireyi elde edilmiştir. Her bir kümede F₂ bitkilerinden 10 dayanıklı (0 hastalık skoru) ve 10 hassas (5 hastalık skoru) birey yer almıştır. Test edilen 47 RAPD primerinden 12 adedi ve 43 ISSR primerinden 10 adedi polimorfizm göstermiştir. OPA02₈₅₀ RAPD belirteci hastalığa hassasiyetle, UBC810₁₄₀₀ ve UBC811₁₅₀₀ ISSR belirteçleri hastalığa dayanıklılıkla ilişkili bulunmuştur. Hastalığa dayanıklılıkta rol oynayan UBC811₁₅₀₀ belirteci jelden geri kazanılmış, klonlanmış ve çıkarılan baz diziliminin LRR reseptör benzeri serin/treonin protein kinaz geni le bağlantılı olduğu tespit edilmiştir (Pradhan et al., 2018).

Çilekte (*Fragaria vesca*, $n=x=7$, Rosaceae) çiçeklenme mevsimi (seasonality) özelliği için (*F. vesca* (mevsimsel çiçeklenen) × *F. vesca semperflorens* (her zaman çiçeklenen)) × *F. vesca semperflorens* 168 BC₁F₁ bireylerinde çalışılmıştır. Her bir kümede 84 mevsimsel çiçeklenen ve 84 her zaman çiçeklenen birey yer almış ve 10 ISSR primeri tek başına ve kombinasyon halinde test edilmiştir. ISSR analizindeki tek başına kullanılan ISSR primerleri 85 (5'i *F. vesca*'ya özel) ve kombinasyon halinde kullanılan ISSR primerleri 493 (14'ü *F. vesca*'ya özel) polimorfik bant sergilemiştir. Elde edilen verilerle iki ISSR belirtecini çiçeklenme mevsimiyle ilişkili olduğu bulunmuştur (Cekic et al., 2001). Çilekte çiçeklenme mevsimi (seasonality) ve kol verimliliği (runnering) özellikleri için (*F. vesca* (mevsimsel çiçeklenen ve kol veren) × *F. vesca semperflorens* (her zaman çiçeklenen ve kol vermeyen)) × *F. vesca semperflorens* BC₁F₁ bireylerinde çalışılmıştır. Her bir kümede 50'şer birey yer almış ve 23 tek ISSR primeri ve 45 ISSR primer kombinasyonu ile test edilmiştir. ISSR analizinde 14 tek primer ve 10 kombine primer polimorfizm sergilemiştir. Elde edilen verilerle 16 ISSR belirtecini çiçeklenme mevsimiyle ve 7 belirtecini de kol verimliliği ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Çekiç, 2015).

AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism, çoğaltılmış parça uzunluğu polimorfizmi): Domateste geç yanıklık hastalığı etmeni (*Phytophthora infestans*) Pi-16 izolatu için CLN657 (*L. esculentum*) (hassas) × L3708 (*L. pimpinellifolium*) (dayanıklı) melezlemesinden elde edilen 72 F₂

popülasyonu kullanılmıştır. Her bir kümede 9 dayanıklı ve 8 hassas birey yer almış ve 120 AFLP primer çifti ile test edilmiştir. Beş AFLP primer çiftinden elde edilen DNA bantları dayanıklı ebeveyn ve dayanıklı birey kümesiyle ve bir AFLP primer çiftinden elde edilen DNA bandı hassas ebeveyn ve hassas birey kümesiyle ilişkili bulunmuştur (Chungwongse et al., 2002).

SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism, dizi ilişkili çoğaltılmış polimorfizm):

Domateste *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü (*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* (FORL)) etmenine karşı dayanıklılık sağlayan tek dominant gen (*Fr1*) ile ilişkili moleküler belirteçlerin belirlenmesi araştırılmıştır. Fla. 7781 (dayanıklı) ile 560 (hassas) ebeveyn arasındaki melezlemeden F₁, F₂ ve BC₁ elde edilmiştir. Ebeveyn bitkiler, F₂ ve BC₁ bitkileri FORL izolatıyla test edilmiştir. Her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas birey kullanılmıştır. SRAP analizi için 13 ileri (Me1-13) ve 19 geri (Em1-19) primer çift halinde test edilmiştir. Kullanılan 247 SRAP primer kombinasyonundan 161 adedi 644 polimorfik bant vermiştir. Ebeveyn bitkiler arasında 25, kümeler arasında ise 3 polimorfik bant elde edilmiş, ancak hem ebeveynler hem de bulklar arasında herhangi bir polimorfizme rastlanmamıştır (Kabaş Demirelli, 2008).

İncirde PCR analizi ile BSA'da test edilen toplam 366 primer 7 dişi ve 7 erkek bireyden oluşan DNA kümelerinde test edilmiştir. Kümeler arasında polimorfizm sergileyen 62 primer bireylerde tek tek analiz edilmiştir (kullanılan/toplam sırasıyla 28/208 SRAP, 24/58 MS-SRAP, 10/100 ISSR). Dişi ve erkek incir bireylerinde elde edilen toplam 353 banttan 149'u (66 MS-SRAP, 60 SRAP, 23 ISSR) polimorfizm sergilemiştir. İncirde cinsiyet ayrımında UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic average), PCA (principal component analysis) ve STRUCTURE yöntemleri ile yapılan analizler, dişi ve erkek incir bireyleri arasındaki farklılığı belirlemede etkili olmuştur (İkten et al., 2023).

Bitki ıslahında özelliklerin kalıtımının izlenmesinde dominant polimorfizmi belirleyen belirteç sistemlerinden yararlanılabilir. Dominant polimorfizm (bant var ya da yok) veren sistemlerde her bir kümede göreceli olarak daha az birey kullanılabilir (Quarrie et al., 1999).

Bahçe bitkilerinde BSA'da kullanılan kodominant polimorfizm gösteren moleküler belirteçler

RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism, kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi):

Marulda *B. lactucae* fungal hastalığına dayanıklılık/hassasiyet konusunda RFLP ve RAPD moleküler belirteçleriyle çalışılarak ortaya konmuştur. Öncelikle takip edilecek fungal hastalığa tepki özelliği (*Dm5/8*) bakımından Calmar (homozigot dayanıklı) × Kordaat (homozigot hassas) ebeveyn arasında yapılan melezlemeden F₂ popülasyonu elde edilmiştir (Michelmore et al., 1991).

Mısırdada (*Zea mays*, $n=x=10$, Poaceae) kuraklığa tolerans çalışmasında toplam 223 S1 RIL bitki ailesinden, her birinde 50'şer bitki olacak şekilde dört popülasyon (TS C0, TS C8, DTP C2 ve DTP C6) oluşturulmuş ve RFLP yöntemi ile analiz edilmiştir. Kromozom 1 üzerinde yerleştirilen umc11 RFLP belirteci kurak şartlar altındaki yüksek verimlilik özelliğini taşıyan QTL'e 2 cM uzaklığında bulunmuştur (Quarrie et al., 1999).

SSR (Simple Sequence Repeat, basit dizi tekrarı):

Domateste yaprak kıvrıcıklığı virüsü (ToLCV) hastalığına dayanıklılığın mekanizması 'Punjab Chuhara' (PBC) (*S. lycopersicum*) (hassas) × 'EC-520061' (*S. habrochaites*) (dayanıklı) melezlemesinden elde edilen F₁ bireyi 386 SSR primer çifti ile test edilmiştir. Bu primerlerden polimorfizm sergileyen 8 adedi F₂ bireylerinin hastalığa dayanıklılık yönünden taranması için kullanılmıştır. Her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas F₂ bireyi yer almıştır. F₂ popülasyonunda 86 dayanıklı ve 14 hassas (13: 3) birey elde edilmesi, ToLCV hastalığına dayanıklılığın bir dominant engelleyici gen tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. İki belirteç hastalığa dayanıklılıkla ilişkili bulunmuştur. SSR218₁₇₀₋₁₄₅ kromozom 10 üzerinde 15 cM ve SSR304₁₅₈₋₁₈₆ kromozom 7 üzerinde 35 cM mesafede yerleştirilmiştir (Singh et al., 2015).

Armutta (*Pyrus communis*, $n=x=17$, Rosaceae) bodur büyüme habitüsü 'Nain Vert' çeşidinden elde edilen *PcDw* dominant lokusu tarafından kontrol edilmektedir. 'Aihuali' (bodur) × 'Chili' (standart)

arasındaki melezlemeden elde edilen 107 bodur ve 108 standart (1: 1) toplam 215 F₁ bireyi ile '7-34' ('Aihuali' × 'Chili') (bodur) × 'Zhongxiang' (standart) arasındaki melezlemeden elde edilen 90 bodur ve 98 standart (1: 1) toplam 188 F₁ bireyi kullanılmıştır. Her bir kümede 10 bodur ve 10 standart birey yer almıştır. Çalışmada, elma ve armut bağlantı haritalarında yer alan 14 SSR primer çiftinden elde edilen belirteçler kromozom 16 üzerinde haritalanmıştır. scaffold00074: 137126-163908 içinde yer alan *PcDw* lokusunun CN993875 ve QauSSR36 SSR belirteçleri ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca çalışmanın sonucunda yeni 43 SSR ve 50 SNP belirteci veri bankasına kaydedilerek gen bölgesi belirteçlerce yoğunlaştırılmıştır (Wang et al., 2016).

İncirde 45 ilek (erkek) genotipi ve 2 dişi ('Bursa Siyahı', 'Sarılöp') çeşit incir ile 24 SSR primeri kullanarak yapılan çalışmada, genotiplerin cinsiyete göre birbirinden ayıramadığı; dişi ve erkek incir bireylerinin oluşturulan dendrogramda (soyağacı) aynı grupta yer aldığı bulunmuştur (Teoman et al., 2017).

Patateste (*Solanum tuberosum* grup *Phureja*, $n=x=12$, Solanaceae) patates virüs Y (PVY) çalışmasında DB375(1) (dayanıklı) × 84.2P.75 (hassas) ebeveyn arasında çaprazlama yapılmış ve SSR primerleri ile test edilmiştir. İki popülasyonun (05H1 ve 08H1) hastalığa karşı dayanıklılıkta iki SSR belirtecinin (STM1021 ve STM3012) kromozom 9 üzerindeki bir dominant allel ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmada 98 DArT (Diversity Array Technology) belirteci dayanıklı ebeveyn ve dayanıklı kümedeki 10 bireyde bulunurken, hassas ebeveyn ve hassas kümedeki 10 bireyde bulunmamıştır. (Torrance et al., 2020).

Soya fasulyesinde (*Glycine max*, $n=x=20$, Fabaceae) fide safhasında kuraklığa tolerans özelliği için tolerant hatlar (PK 1180 ve SL 46) ile hassas hatlar (UPSL 298 ve PK 1169) arasındaki melezlemeden elde edilen F₂ popülasyonunda çalışılmış ve SSR primerleri ile test edilmiştir. Her bir kümede 10 tolerant ve 10 hassas birey kullanılmıştır. Bir SSR belirteci (Satt277) kromozom 6 üzerinde kuraklığa toleranslılıkla yakın ilişkili (3.4 cM) bulunmuştur (Sreenivasa et al., 2020).

Kavunda (*Cucumis melo*, $n=x=12$, Cucurbitaceae) çekirdek erkek sterilite (GMS) resesif geni *ms-1*'in kalıtım mekanizması MS-1 (erkek steril, *msms*) × KP4HM-15 (erkek fertil, *MsMs*) arasındaki melezlemeden elde edilen 150 F₂ bireyinde çalışılmıştır. Her bir kümede 10 homozigot erkek steril ve 10 homozigot erkek fertil birey yer almıştır. Çalışmada 498 SSR primer çifti test edilmiştir. DM0187, DM0038 ve TJ14 SSR belirteçleri kromozom 6 üzerinde *ms-1* gen bölgesine bağlı bulunmuştur. DM0187 belirtecinin *ms-1* genine 4.8 cM ile en yakın genetik mesafede olduğu belirlenmiştir (Singh et al., 2020).

Kavunda, *Fusarium oxysporum* Schlechtend f. sp. *melonis* (Leach & Currence) Snyder & Hans (Fom) tarafından meydana getirilen solgunluk hastalığına dayanıklılığın mekanizması için Punjab Sunehri (hassas) × KP4HM-15 (dayanıklı) melezlemesinden elde edilen 143 F₂ kendilenerek F₃ bireyleri oluşturulmuştur. Bunlardan elde edilen 32 homozigot dayanıklı, 75 heterozigot ve 36 homozigot hassas birey (1: 2: 1) sonucuna göre hastalığa dayanıklılığın bir dominant allel (*Fom-5^(t)*) ile kontrol edildiği belirlenmiştir. Her bir kümede 10 homozigot dayanıklı ve 10 homozigot hassas F_{2:3} bireyi yer almıştır. Kabakgiller Genom Veritabanından seçilen ve kavundaki 12 kromozoma yayılmış 527 SSR primer çifti kullanılmıştır. Bunlardan elde edilen 4 SSR belirtecinin (CMCTN35, DM0096, CSWCTT02, ve ECM181) kromozom 5 üzerindeki *Fom-5^(t)* geni ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Deol et al., 2022).

Bamyada (*Abelmoschus esculentus*, $n=x=20$, Malvaceae) YVMV (sarı damar mozaik virüsü) hastalığına dayanıklılığın mekanizması Punjab Padmini (hassas) × AUAcc-1 (dayanıklı, *A. manihot*) arasındaki melezlemeden elde edilen F₁, BC₁F₁ ve BC₁F₂ popülasyonlarında çalışılmıştır. Yapılan arazi ve yapay inokülasyon testlerinde toplam 168 BC₁F_{2:3} bireyinin fenotipik değerlendirmesinde 89 hassas ve 79 dayanıklı (9: 7) birey belirlenmiştir. YVMV etmenine dayanıklılığın iki resesif gen tarafından kontrol edildiği, genlerden en az birisindeki homozigot allel durumunun, diğer genin etkisini maskeleydiği (resesif epistasi) ve dayanıklı fenotipi ortaya çıkardığı bulunmuştur. BSA için her bir kümede 8 dayanıklı ve 8 hassas birey

yer almıştır. Test edilen 200 SSR primer çiftinden 61'inin dayanıklı ve hassas ebeveyn arasında polimorfizm sergilediği belirlenmiştir. Bu 61 primer çiftinden dördünün (Okra 032, Okra 049, Okra 129 ve Okra 270) YVMV hastalığına dayanıklılık ile ilişkili olabileceği belirlenmiştir (Singh et al., 2023).

SCAR (Sequence Characterized Amplified Region, dizisi karakterize edilmiş çoğaltılmış bölge):

Patlıcanda (*Solanum melongena*, $n=x=12$, Solanaceae) *Fusarium* çürüklüğü (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*) (FOM) hastalığına dayanıklılığın kalıtımı tek bir dominant allel ile kontrol edilmektedir. Çalışmada NSFB99 (hassas) × LS2436 (dayanıklı) melezlemesinden elde edilen F_1 kendilenerek F_2 ve NSFB99 (hassas) ile geri melezlenerek BC_3 popülasyonu oluşturulmuştur. F_2 popülasyonundaki her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas birey yer almış ve 1200 RAPD, 29 SRAP, 28 RGA (Resistance Gene Analogous), 812 SRAP-RGA kombinasyonu ve 2 SCAR primeri ile test edilmiştir. Geliştirilen iki SCAR (SCAR₄₂₆ ve SCAR₃₄₇) belirtecinin patlıcan bitkilerinin FOM'a karşı gösterdiği reaksiyonun test edilmesi için kullanılabileceği bulunmuştur (Mutlu et al., 2008).

Domateste *Fusarium* çürüklüğü (FORL) hastalığına dayanıklılığın kalıtımı tek bir dominant allel ile kontrol edilmektedir. Fla.7781 (dayanıklı) × B560 (hassas) melezlemesinden elde edilen F_1 kendilenerek F_2 - F_3 ve B560 (hassas) ile geri melezlenerek BC_1 popülasyonu oluşturulmuştur. Her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas birey yer almış ve 29 SRAP, 48 RGA, 216 RFLP-COSII kombinasyonu ve 15 SCAR primeri ile test edilmiştir. Geliştirilen SCAR_{FH} belirtecinin domates bitkilerinin FORL'a karşı gösterdiği reaksiyonun test edilmesi için kullanılabileceği bulunmuştur (Mutlu et al., 2015).

İncirde (*Ficus carica*, $n=x=13$, Moraceae) popülasyonunda cinsiyetin kalıtımı çalışılmıştır. Her bir kümede 5 dişi ve 5 erkek birey yer almış ve 7 SCAR primeri ile test edilmiştir. MADF₄₁₄₅₀ ve MADF₆₁₃₀₀ primerleri erkek cinsiyeti ile %100 ilişkili olarak bulunmuştur. Kullanılan 110 RAPD primeri ve 154 SRAP primer kombinasyonu cinsiyet ile ilişkili hiçbir polimorfik bant oluşturmamıştır (Ağır & Dalkılıç, 2022).

CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequence, kesilerek çoğaltılmış polimorfik dizi):

Karpuzda (*Citrullus lanatus*, $n=x=11$, Cucurbitaceae) meyve şeklinin kalıtımı üzerine *CIFS1* aday geni çalışılmıştır. 'Duan125' (uzun) × 'Zhengzhouzigua' (yuvarlak) melezlemesinden elde edilen 768 F_2 , 120 BC_1P_1 (F_1 × 'Duan125') ve 238 BC_1P_2 (F_1 × 'Zhengzhouzigua') kullanılmıştır. Her bir kümede 30 uzun ve 30 yuvarlak birey yer almış ve BSA-seq yöntemiyle SNP'ler temel alınarak geliştirilen 298 CAPS primeri ile test edilmiştir. Karpuzda meyve şeklinin OO (uzun), Oo (oval) ve oo (yuvarlak) olmak üzere bir lokus tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir. Kromozom 3 üzerinde CAPS0158 ve CAPS0165 belirteçleri ile aday gen (*CIFS1*) arasında 46 kb uzunluğu olduğu saptanmıştır. IQD proteinini kodlayan *CIFS1* genindeki 159 bç uzunluğundaki silinmenin karpuzda uzun meyve şeklinden sorumlu olduğu bulunmuştur. Silinen bölgeden geliştirilen InDel belirtecini (Cla011257) karpuzda yuvarlak meyve şekli ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Dou et al., 2018).

Kavunda kısa boğumarası (SIL, short internode length) özelliği lokusu (*MD7*) için M1-32 (normal boylu) × X090 (bodur) melezlemesinden elde edilen 985 F_2 bireyinde çalışılmıştır. Her bir kümede 30 normal boylu ve 30 bodur birey yer almış ve 10 CAPS primer çifti ile test edilmiştir. Bu primerlerden 6'sı polimorfik bant vermiştir. Altı CAPS belirteci kromozom 7 üzerinde *MD7* lokusuna bağlı bulunmuştur (Zhang et al., 2019).

Mısırdada (*Zea mays*, $n=x=10$, Poaceae) B73 genotipinden EMS kimyasal mutajeni kullanılarak mutant bireyler elde edilmiştir. Mo17 (yabani tip) × *aladin1* (*ali1-1/ali1-1*, mutant tip) melezlemesinden elde edilen F_2 popülasyonu kullanılmış ve dCAPS primerleri ile test edilmiştir. Her bir kümede 60 yabani tip ve 60 *ali1-1/ali1-1* tipi bireyi yer almıştır. Mısır genomundaki çekirdek zarı kompleks bileşeni olan ALADIN1 bölgesinin normal bitki büyüme ve gelişmesi, sürgün mimarisi ve asimetric hücre bölünmesi için gerekli olduğu bulunmuştur (Best et al., 2021).

SNP (Single Nucleotide Polymorphism, tek nükleotid polimorfizmi): Turunçgillerde (*Citrus* spp. $n=x=9$, Rutaceae) Alternaria kahverengi benek (ABS) hastalığına dayanıklılığın kalıtımı 'Fortune' (Aa,

hassas) × 'Willowleaf' (aa, dayanıklı) melezleme popülasyonundan elde edilen triploid melez bireyler ile çalışılmıştır. Her bir kümede 5 dayanıklı ve 5 hassas birey yer almıştır. İki küme ve iki ebeveyn 1536 SNP belirteci içeren Illumina GoldenGate™ array platformunda test edilmiştir. Bunlardan 677 SNP belirteci 'Clementine' referans genetik haritası üzerine yerleştirilmiştir. Sonra 93 triploid melez ve iki ebeveyni, daha önceki 'Clementine' referans genomu çalışmasında belirlenen SSR ve SNP belirteçleri kullanılarak genotiplenmiştir. ABS dayanıklılığının resesif allel ile kontrol edildiği triploid melez popülasyonda da teyit edilmiştir. Kromozom 3 üzerindeki sentromere yakın TTC8 ve CiC3248-06 belirteçleri arasındaki 3.3-Mb genom bölgesinin ABS hastalığına dayanıklılık ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Cuenca et al., 2013).

Marulda Apache, Yorvik, Sensai and Troubadour çeşitlerine EMS (ethyl methanesulfonate) kimyasal mutajeni uygulanmıştır. M5 homozigot mutantlardan (HTG) iki ırk (Yorvik TG01 ve TG10) ve yabani tipten F₂-F₃ popülasyonu elde edilmiştir. Her bir kümede 30 mutant ve 30 yabani tip kullanılmış ve homozigot SNP primerleri ile test edilmiştir. Marul genomundaki ABA1/ZEP genlerinde, TG01'deki mutasyonun amino asit değişikliğinden ve TG10'daki mutasyonun alternatif mRNA ayrılmasından (splicing) kaynaklandığı belirlenmiştir (Huo et al., 2016).

Şeftalide (*Prunus persica*, $n=x=8$, Rosaceae) tek/çift çiçek oluşturma özelliği üzerinde Juhuaao × Honggengansutao melezlemesinden elde edilen F₁ popülasyonu ile çalışılmış ve toplam 1.042.687 SNP kullanılmıştır. Her bir kümede 15 tek çiçek ve 15 çift çiçek açan birey yer almıştır. Genom çapında ilişkilendirme çalışmasıyla (GWAS, **G**enome-**W**ide **A**ssociation **S**tudy) kromozom 2 üzerinde çift çiçek oluşturma özelliği ile ilişkili bir gen bölgesi belirlenmiştir (Meng et al., 2019).

Soya fasulyesinde mantarî *Macrophomina phaseolina* hastalığına dayanıklılığın mekanizması araştırılmıştır. PI 567562A (dayanıklı) × PI 567437 (hassas) melezlemesinden elde edilen 140 F₂₋₃ melezi kullanılmıştır. Her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas birey yer almış ve QTL-seq analizi yapılmıştır. Kromozom 5, 8 ve 14 üzerinde üç pozisyonda SNP belirlenmiştir (da Silva et al., 2020).

Mısırda yüksek verimli dizileme (high-throughput sequencing) yardımıyla yabani (wt, wild type) ve mutant bireylerde ileri genetik yaklaşımıyla (forward genetics approach) BSA yöntemi kullanılmaktadır. EMS uygulanıp mutasyona tabi tutulan mutant (koçansız) × yabani referans B73 (normal RIL) melezlemesinden elde edilen F₂ ve F₃ popülasyonu kullanılmış ve aday homozigot SNP primerleri ile test edilmiştir (Best & McSteen, 2022).

Biberde olgunlaşmamış meyve rengini tozlanmadan 40 gün sonra belirlemek amacıyla CSJ009 (açık sarı) × CSJ010 (yeşil) melezlemesinden F₂ popülasyonu elde edilmiş ve SNP analizi yapılmıştır. Her bir kümede 30 yeşil meyveli ve 30 açık sarı meyveli birey yer almıştır. CSJ009'daki açık sarı olgunlaşmamış meyve renginin tek bir resesif gen (*ly*) ile kontrol edildiği belirtilmiştir. Dört aday genin (*Capana09g000680*, *Capana09g000671*, *Capana09g000715* ve *Capana09g000692*) kromozom 9 üzerinde *ly* lokusu ile bağlantılı olduğu bulunmuştur (Song et al., 2022).

Tatlı patatesten (*Ipomoea batatas*, $n=x=15$, Convolvulaceae) Konaishin (*I. batatas*, hekzaploid, kısa kalın gövdeli) × K123-11 (*I. trifida*, hekzaploid, ince sarılcı gövdeli) melezlemesinden 194 F₁ bireyi elde edilmiştir. Her bir kümede 20 sarılcı gövdeli ve 20 sarılcı olmayan gövdeli birey yer almıştır. BSA sonuçları, F₁ popülasyonu için değiştirilmiş PyBSASeq programı kullanılarak G-istatistiği ile değerlendirilmiştir. Kromozom 13'teki 13.090.703'üncü nükleotid bazına karşılık gelen QTL tepe noktasını temsil eden SNP için bir primer (Marker_13.09) çifti oluşturularak kullanılmıştır. Sonuçta kromozom 13 üzerinde 12.37-14.12 Mb aralığındaki bir QTL'in (*qSgh*) sarılcı ya da sarılcı olmayan sürgün büyüme özelliği ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Konaishin'in genom organizasyonunun dupleks (AA'aaaa) ve K123-11'in nullipleks (aaaaaa) yapıda olduğu öne sürülmüştür (Suematsu & Tanaka, 2024).

Bitki ıslahında özelliklerin kalıtımının izlenmesinde kodominant polimorfizmi belirleyen belirteç sistemlerinden yararlanılabilir. Kodominant polimorfizm (çok allel mevcut olduğunda) sergileyen sistemlerde popülasyondaki frekansı temsil edebilecek kadar çok birey kullanılmalıdır (Quarrie et al., 1999).

QTL-seq (Quantitative Trait Locus-Sequencing, kantitatif özellik lokusu dizilemesi), BSA-seq (Bulked Segregant Analysis-Sequencing, küme segregasyon analizi dizilemesi) ve BSR-seq (Bulked Segregant RNA-Sequencing, küme segregasyon RNA dizilemesi): Hedefin haricindeki diğer QTL'lerin kafa karıştırıcı etkilerinden izole etmek amacıyla, sadece hedeflenen QTL'in elde edilmesi için başlangıç popülasyonunda tekrarlanan (recurrent) ebeveynle geri melezlemeyi sürdürmek gereklidir. Haritalamadaki belirteç yoğunluğunu belirleyen en önemli faktör baz dizilimi (sekanslama) kapsama alanıdır. Yapılan simülasyonlar, yüksek baz dizilimi kapsamının, aday gen için haritalama mesafesini kısalttığını ortaya çıkarmıştır. Yüksek yoğunluklu baz dizilimi kapsamının minimum derinliği, popülasyon ya da küme büyüklüğüne bağlıdır. Her rekombinasyon bloğu, baz dizilimi okumaları tarafından belirlenen birkaç SNP içermelidir. Ancak bir rekombinasyon bloğundaki bütün baz dizilimi okumalarına gerek yoktur. Hatta büyük küme için göreceli olarak daha düşük baz dizilimi kapsamı kullanılması önerilmektedir. SHOREmap, QTL-seq, MutMap, BSR-seq, MMAPP, QTG-seq, DeepBSA, X-QTL, OutcrossSeq, GradedPool-seq, vb. BSA için kullanılan değişik yöntemlerdir (Wang et al., 2023).

Hıyarda (*Cucumis sativus*, $n=x=7$, Cucurbitaceae) 9930 (geççi) × Muromskij (erkenci) melezlemesinden elde edilen F₁'lerin kendilenmesiyle ilkbahar 2012, sonbahar 2012 ve ilkbahar 2013 denemelerinde sırasıyla 159, 232 ve 258 F₂ popülasyonu oluşturulmuştur. Sonbahar 2012 denemesinden elde edilen F₂ bireylerinden oluşturulan her bir kümede 10 erken çiçeklenen ve 10 geç çiçeklenen bireyin yer aldığı BSA oluşturulmuş ve SNP ile QTL-seq analizi yapılmıştır. Genom çapında yapılan geniş SNP taraması sonucunda erken çiçeklenme zamanı (F7) lokusuna bağlı başlıca QTL bölgesi belirlenmiştir (Lu et al., 2014).

Domateste, meyve ağırlığı (12S139 ve 12S143) ve meyve odacığı (locule) sayısı (12S75) özelliği için üç popülasyon oluşturulmuştur. 12S139 ve 12S75 *Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum* × *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* ile 12S143 *Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum* × *S. lycopersicum* var. *lycopersicum* melezlemesinden meydana gelmiştir. Her bir kümede 10 en hafif ve 10 en ağır ile 10 en az odacıklı ve 10 en fazla odacıklı birey yer almıştır. Elde edilen F₂ bireylerinde QTL-seq analizi yapılmıştır. Meyve ağırlığı ile ilişkili olan *fw11.2* geni kromozom 11'in uzak ucunda *fas* ile *fw11.3* lokuslarının üzerinde; *fw1.1* geni kromozom 1'in perisentrik bölgesinde ve *fw3.3* geni meyve ağırlığı geni *SIKLUH/FW3.2*'nin ~1.6 Mb aşağısında haritalandırılmıştır. Meyve odacığı ile ilişkili olan üç QTL (*lcn2.4*, *lcn5.1* ve *lcn6.1*) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *fw11.2* geni, 66 aday gen içeren ~750 kb'lık bir QTL bölgesi ile ilişkilendirilmiştir (Illa-Berenguer et al., 2015).

Soğanda (*Allium cepa*, $n=x=8$, Amaryllidaceae) sitoplazmik erkek kısırlılığının geri kazanılması mekanizmasında etkili olan aday genler (*Ms*) belirlenmeye çalışılmıştır. Melezleme 506L (sitoplazmik erkek kısır, MS) × H6 (erkek fertil, MF) arasında yapılmış ve F_{2.5} popülasyonu elde edilmiştir. Her bir kümede 10 MF ve 10 MS birey yer almıştır. Kümeler, daha önceki çalışmalardaki 4273 bireyde kullanılan ve *Ms* lokusuna bağlı olduğu bilinen *jnurf05* (CAPS belirteci) ve OPT (RFLP AOB272 belirtecinden türetilen PCR belirteci) ile test edilmiştir. RNA-seq analizinde 14 SNP kontig 251 yerel ve 124 ekzotik hat arasında *Ms* lokusu ile mümkünle yakın bağlantı dengesizliği (LD, linkage disequilibrium) sergilemiştir. Yapılan amino asit dizi analizinde MS ve MF arasında dört gende farklılık olduğu belirlenmiştir (Kim et al., 2015).

Mısırda B73 genotipinden EMS kimyasal mutajeni kullanılarak mutant bireyler elde edilmiştir. B73 (yabani tip) × *ten* (mutant tip) ve B7 × *vns* (mutant tip) melezlemesinden F₂ popülasyonu oluşturulmuştur. Üç farklı kümede 101 *ten* mutanı, 9 *vns* mutanı ve 9 yabani tip bireyi yer almış ve SNP primerleri ile test edilerek BSA-seq analizine tabi tutulmuştur (Klein et al., 2018).

Brokolide (*Brassica oleracea* L. var. *italica*, $n=x=9$, Brassicaceae) çok genle kontrol edilen sıcaklığa tolerans üzerine yapılan çalışmada, orta derecede sıcaklığa tolerat USVL118 × USVL123 hatlarının melezlenmesinden elde edilen 83 F₁ hattından mikrospor kültürü ile katlanmış (çift) haploid bireyleri oluşturulmuş ve QTL-seq ile analiz edilmiştir. Her bir kümede 5 sıcaklığa tolerat (HT=7.0) ve 5 sıcaklığa hassas (HT=2.6) hat yer almıştır. Daha önce belirlenenlere ek olarak iki yeni QTL bulunmuştur. QHT_C09.2 bölgesinde çiçeklenme zamanı genleri ile ilişkili SNP'lerle baş olgunlaştırma zamanı ve sıcaklığa tolerans arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir (Branham & Farnham, 2019).

Şalgamda (*Brassica rapa*, $n=x=8$, Brassicaceae) erken çiçeklenme özelliği için 'CHOY SUM EX CHINA 3' (erken çiçeklenen) × 'Kohiki' (geç çiçeklenen) melezlemesinden 301 bireylik F_2 popülasyonu ve tüylülük özelliği için 'Nakajimana' (tüylü) × 'Akamaru' (tüysüz) melezlemesinden 286 bireylik F_2 popülasyonu oluşturulmuş ve QTL-seq ile analiz edilmiştir. Her bir kümede 20 erken çiçeklenen ve 20 geç çiçeklenen ile 20 tüylü ve 20 tüysüz birey yer almıştır. QTL-seq analizinin şalgamda kantitatif özelliklerin belirlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir (Itoh et al., 2019).

Çayda (*Camellia sinensis*, $n=x=15$, Theaceae) Longjing 43 (LJ43, yeşil yapraklı) × BJB (sarı yapraklı) melezlemesinden F_1 popülasyonu elde edilmiştir. Her bir kümede 5 yeşil yapraklı ve 5 sarı yapraklı birey yer almış ve RNA-seq analizi yapılmıştır. Sarı ve yeşil yapraklı çay F_1 melezi kümelerinde toplam 359 farklı şekilde ifade edilen gen (DEGs, **d**ifferentially **e**xpressed **g**enes) keşfedilmiştir. Sarı yapraklı çay bitkilerinde baskılanan ışık toplayan klorofil a/b proteini (LHC, **l**ight-**h**arvesting **c**hlorophyll **a/b**-binding proteins) genlerinin anormal kloroplast gelişmesi ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Wang et al., 2020).

Elmada yerel genotipler (145) Jonathan × Golden Delicious (J × G) (1,773 melez), Zisai Pearl × Red Fuji (Z × F) (3,627 melez) ve Zisai Pearl × Golden Delicious (Z × G) (3,492 melez) F_1 melezleme kombinasyonu, tam çiçeklenmeden sonraki (DAFB, **d**ays **a**fter **f**ull **b**loom) 151. ve 179. günlerde meyve ağırlığı, olgunlaşma tarihi ve toplam kuru madde içeriği (Brix) yönünden incelenmiştir. Üç farklı melezleme kombinasyonundan oluşturulan her bir kümede 23-45 birey yer almış ve SNP yöntemi ile BSA-seq verileri Yabancı Döllenen Türler için BSA (BSATOS, **B**SA **T**ools for **O**utbreeding **S**pecies) bilgisayar yazılımı ile QTL analizi yapılmıştır. BSATOS yönteminin yabancı döllenene bitki türlerinin meyve özelliklerinin QTL analizinde kullanışlı olduğu bulunmuştur (Shen et al., 2019, 2022).

Kabakta (*Cucurbita pepo*, $n=x=20$, Cucurbitaceae) tüketici tercihlerinde önemli olan meyve kabuğu renginin kalıtımının moleküler mekanizması çalışılmıştır. RP16 (beyaz ve pürüzsüz kabuklu) ve RP38 (yeşil ve pürüzlü kabuklu) hatlar ebeveyn olarak kullanılmış ve 384 F_2 bireyi elde edilmiştir. F_2 bireylerinin 293'si beyaz ve 91'i yeşil kabuk renkli 3:1 oranında bulunmuştur. Böylece beyaz kabuk renginin dominant ve yeşil kabuk renginin resesif olduğu tespit edilmiştir. Kabakta yeşil meyve kabuğu renginin bir resesif allel (*cpgp*) ile kontrol edildiği belirlenmiştir. Her bir kümede 30 beyaz ve 30 yeşil kabuk renkli birey yer almıştır. İki küme, iki ebeveyn ile birlikte 17 InDel primer çifti kullanılarak DNA kütüphanesi oluşturulmak amacıyla BSA-seq analizi yapılmıştır. Daha sonra 699 F_2 bireyi kullanılarak yapılan detaylı genom haritalamasında, 23.90 kb kromozom bölgesi içinde, Arabidopsis'teki *Cp4.1LG05g02070* ve *Cp4.1LG05g02060* genleri bulunmuştur. APRR2 (Arabidopsis **P**seudo-**R**esponse **R**egulator **2**-benzeri) proteini kodlayan kromozom 5 üzerindeki *Cpgp* geninin (*Cp4.1LG05g02070*), meyve kabuğunun yeşil rengini kontrol ediyor olabileceği belirlenmiştir (Gebretsadik et al., 2024).

Soğanda, *Alternaria porri* (Ellis) Cifferi nekrotrofik fungusu tarafından oluşturulan mor leke (purple blotch) hastalığına dayanıklılığın kalıtım mekanizması, AK (Arka **K**alyan, dayanıklı) × AR (Agrifound **R**ose, hassas) arasındaki melezlemeden elde edilen 153 RIL F_6 generasyonundaki 79 dayanıklı ve 74 hassas (1: 1) birey ile çalışılmıştır. Her bir kümede 10 dayanıklı ve 10 hassas birey yer almıştır. SNP verileri ile BSR-Seq yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar KASP (**K**ompetitive **A**llele **S**pecific **P**CR) primerleri ile teyit edilmiştir. Kromozom 6'nın uzun kolunda 7.3 Mb aralığında dayanıklılıkla ilişkili aday genom bölgesi belirlenmiştir. Bu bölgede, CC-NBS-LRR hastalık dayanıklılığı proteini sınıfına dahil olan ACCL_20794 (Chr6: 187,639,724-187,643,297) geni yer almış ve *ApR1* olarak isimlendirilmiştir (Sahoo et al., 2024).

Klasik BSA'nın öne çıkan en büyük dezavantajı, gen seviyesinde QTL haritalama yapmak için haritalama popülasyonunun ve küme büyüklüğünün çok küçük kalmasıdır. Ayrıca güncel BSA stratejileri her seferinde sadece bir geni haritalayabilmektedir. Bu durum da fonksiyonel gen klonlamanın etkinliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Bu problemlere çözüm bulmak için HTP (High-Throughput Phenotyping, yüksek kapasiteli fenotipleme), BBD (Biological **B**ig **D**ata, biyolojik büyük veri) ve değişik makine öğrenmesi algoritmaları gibi NG-BSA (Next-Generation **B**SA, ikinci nesil dizileme BSA) yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Wang et al., 2023). NGS-BSA, genom çapında tespit edilen SNP'leri kullanarak orijinal

BSA protokolüne kıyasla yüksek verimli ve yüksek çözünürlüklü analizlere olanak tanır. Son zamanlarda, NGS tabanlı BSA, aday genlerin tanımlanmasını hızlandırmak için referans genom dizilerine sahip çok sayıda bitki türünde başarıyla uygulanmıştır (Schneeberger, 2014). NGS-BSA işgücü tasarrufu sağlayan hızlı bir QTL haritalama yöntemidir. QTL-seq yönteminde, SNP indeksi (allel frekansı), NGS okumalarından hesaplanır. QTL zirveleri, Δ SNP indeksinden (kümeler arasındaki SNP indekslerinin farklılığı) belirlenir (Suematsu & Tanaka, 2024). Diploidlerle karşılaştırıldığında poliploidlerdeki SNP indeksindeki farklılıkların belirlenmesi daha zordur. Diğer bir BSA yöntemi olan G istatistiği yöntemi, G testi veya Fisher testi ile allel frekanslarını karşılaştırarak QTL tahmini yapar (Zhang & Panthee, 2020; Suematsu & Tanaka, 2024). Bu yöntem, otopoliploidlerin BSA'sı için tahminen uygundur. Çünkü Δ SNP indeksi kullanılmaz. BSA sonuçları ile RNA-seq tarafından yapılan gen ifadesinin birleştirilmesiyle, DEGs (**D**ifferentially **E**xpressed **G**enes, farklılaştırılmış gen ifadeleri), QTL bölgesinde tanımlanmıştır. Bu sonuçlar poliploid türler için G istatistiği yönteminin uygulanabilirliğini göstermektedir ve bu yöntem tatlı patatesin sürgün fenotipinin evrimini açıklamak için yardımcı olacaktır (Suematsu & Tanaka, 2024).

SONUÇ

Bitki ıslahında BSA yönteminden yararlanılması zamansal, ekonomik ve kolay uygulanabilirlik anlamında oldukça yarar sağlamaktadır. Populasyon genetiği başta olmak üzere gençlik kısırlığı (tohum ekiminden ilk çiçek açınca kadar geçen süre) safhası uzun olan çok yıllık bitkilerde BSA, üzerinde çalışılan özelliği taşıyan bitkilerin ayırt edilmesinde kısa zamanda sonuç vermektedir. BSA yöntemi öncelikle bitkilerde yapılan çalışmalarla ortaya çıkmasına rağmen son yıllarda hayvan, maya, *Chlamydomonas* spp. vb. diğer organizmalarda da kullanım alanı bulmuştur. Gelecekte moleküler biyoloji alanındaki gelişmelerle birlikte yapılacak genetik ve ıslah araştırmalarında BSA yönteminden yararlanılabilecektir.

Bitkilerin abiyotik ve biyotik stres etmenlerine karşı toleransının artırılması konusunda gen klonlama etkinliğini artırmak ve düzenleyici genler ağının şifresini çözmek için NG-BSA yöntemlerinden yararlanılması, Islah 4.0 ile birleştirilebilecektir. Genom baz dizilimi ve BSA'nın birlikte ele alınmasıyla kalitatif ve kantitatif karakterleri kontrol eden pek çok gen tanımlanmış olmasına rağmen, başta QTGs (quantitative trait genes, kantitatif karakter genleri) olmak üzere, genlerin klonlanmasının yüksek yoğunlukta ve doğrulukta yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. HTP, BBD ve makine öğrenmesi ile güçlendirilen NG-BSA yöntemleri ucuz ve zamandan tasarruf eden Islah 4.0 için gelecekte kullanılabilecektir.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: ZD; örnek toplama: ZD; verilerin analizi ve yorumlanması: ZD; görselleştirme: ZD; makalenin yazımı: ZD.

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

Finansal Destek

Bu araştırma için herhangi bir dış finansman desteği alınmamıştır.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. Emrah ZEYBEKOĞLU tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ağır, A.R. & Z. Dalkılıç, 2022. Identification of sex in *Ficus carica* with RAPD, SRAP and SCAR markers. In: *Ficus carica: Production, Cultivation and Uses* (Ed. Z. Dalkılıç). Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, USA, 246 pp. <https://doi.org/10.52305/TPCS5872>.
- Aydın, A. & H. Başak, 2023. Farklı melez kombinasyonları ile elde edilmiş su kabağı (*Lagenaria siceraria*) melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine morfolojik ve fizyolojik olarak tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 60 (4): 665-678. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1284786>.
- Best, N.B. & P. McSteen, 2022. Mapping maize mutants using bulked-segregant analysis and next-generation sequencing. *Current Protocols*, 2: e591. <https://doi.org/10.1002/cpz1.591>.
- Best, N.B., C. Addo-Quaye, B.-S. Kim, C.F. Weil, B. Schulz, G. Johal & B.P. Dilkes, 2021. Mutation of the nuclear pore complex component, *aladin1*, disrupts asymmetric cell division in *Zea mays* (maize). *G3 Genes, Genomes, Genetics*, 11 (7): jkab106. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkab106>.
- Branham, S.E. & M.W. Farnham, 2019. Identification of heat tolerance loci in broccoli through bulked segregant analysis using whole genome resequencing. *Euphytica*, 215: 34. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2334-9>.
- Cardeña, R., G.R. Ashburner & C. Oropeza, 2003. Identification of RAPDs associated with resistance to lethal yellowing of the coconut (*Cocos nucifera* L.) palm. *Sci. Hortic.*, 98 (3): 257-263. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00162-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00162-0).
- Cekic, C., N.H. Battey & M.J. Wilkinson, 2001. The potential of ISSR-PCR primer-pair combinations for genetic linkage analysis using the seasonal flowering locus in *Fragaria vesca* as a model. *Theor. Appl. Genet.*, 103: 540-546. <https://doi.org/10.1007/PL00002907>.
- Chagué, V., J.C. Mercier, M. Guénard, A. Courcel & F. Vedel. 1996. Identification and mapping on chromosome 9 of RAPD markers linked to *Sw-5* in tomato by bulked segregant analysis. *Theor. Appl. Genet.*, 92: 1045-1051. <https://doi.org/10.1007/BF00224047>.
- Chungwongse, J., C. Chungwongse, L. Black & P. Hanson, 2002. Molecular mapping of *Ph-3* gene for late blight resistance in tomato. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77 (3): 281-286. <https://doi.org/10.1080/14620316.2002.11511493>.
- Cuenca, J, P. Aleza, A. Vicent, D. Brunel, P. Ollitrault & L. Navarro, 2013. Genetically based location from triploid populations and gene ontology of a 3.3-Mb genome region linked to *Alternaria* Brown Spot resistance in citrus reveal clusters of resistance genes. *PLoS ONE*, 8 (10): e76755. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076755>.
- Çekiç, Ç., 2015. Bulk segregant analysis technique to target seasonality and runnering loci in diploid strawberries. *Journal of New Results in Science*, 9: 92-98. <http://jnrs.gop.edu.tr>.
- da Silva, M.P., A.Z. Zaccaron, B.H. Bluhm, J.C. Rupe, L. Wood, L.A. Mozzoni, R.E. Mason, S. Yingling & A. Pereira, 2020. Bulk segregant analysis using next-generation sequencing for identification of genetic loci for charcoal rot resistance in soybean. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 109: 101440. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.101440>.
- Dakouri, A., X. Zhang, G. Peng, K.C. Falk, B.D. Gossen, S.E. Strelkov & F. Yu, 2018. Analysis of genome-wide variants through bulked segregant RNA sequencing reveals a major gene for resistance to *Plasmodiophora brassicae* in *Brassica oleracea*. *Sci. Rep.*, 8: 17657. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36187-5>.
- Dalkilic, Z. 1999. Identification and Mapping of genes for *Alternaria* and *Phytophthora* Disease Resistance in Citrus Hybrids. University of Florida (Unpublished) Ph. D. Dissertation, Gainesville FL, USA, 107 pp.
- Dalkilic, Z., L.W. Timmer & F.G. Gmitter, Jr, 2005. Linkage of an *Alternaria* disease resistance gene in mandarin hybrids with RAPD fragments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 130 (2): 191-195. <https://doi.org/10.21273/JASHS.130.2.191>.
- de la Fuente Cantó, C. & Y. Vigouroux, 2022. Evaluation of nine statistics to identify QTLs in bulk segregant analysis using next generation sequencing approaches. *BMC Genomics*, 23: 490. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08718-y>.
- Deol, J.K., S.P. Sharma, R. Rani, A. Kalia, P. Chhuneja & N.K. Sarao, 2022. Inheritance analysis and identification of SSR markers associated with fusarium wilt resistance in melon. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 97 (1): 66-74. <https://doi.org/10.1080/14620316.2021.1948360>.
- Dou, J., S. Zhao, X. Lu, N. He, L. Zhang, A. Ali, H. Kuang & W. Liu, 2018. Genetic mapping reveals a candidate gene (CIFS1) for fruit shape in watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *Theor. Appl. Genet.*, 131 (4): 947-958. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3050-5>.

- Durham, R.E. & S.S. Korban, 1994. Evidence of gene introgression in apple using RAPD markers. *Euphytica*, 79: 109-114.
- Ekbığ, E. K. Abak, S. Büyükalaca & M.A. Yılmaz, 1999. Biberlerde patates Y Virüsü'ne (PVY) dayanıklılık özelliği için RAPD Markırlarının araştırılması. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Ankara, pp.459-463.
- Gebretsadik, K., W. Chen, Y. Duan, Y. Sun, Y. He, Q. Liao, C. Wang & K. Bo, 2024. Map-based cloning reveals *Cpgp* gene encoding an APRR2 protein to regulate the green fruit peel formation in *Cucurbita pepo*. *Mol. Breed.*, 44: 53. <https://doi.org/10.1007/s11032-024-01492-7>.
- Giovannoni, J.J., R.A. Wing, M.W. Ganai & S.D. Tanksley, 1991. Isolation of molecular markers from specific chromosomal intervals using DNA pools from existing mapping populations. *Nucleic Acids Res.* 19 (23): 6553-6568.
- Huo, H, I.M. Henry, E.R. Coppoolse, M. Verhoef-Post, J.W. Schut, H. de Rooij, A. Vogelaar, R.V.L. Joosen, L. Woudenberg, L. Comai & K.J. Bradford, 2016. Rapid identification of lettuce seed germination mutants by bulked segregant analysis and whole genome sequencing. *The Plant Journal*, 88: 345-350. <https://doi.org/10.1111/tpj.13267>.
- Ikten, H., O. Gulsen, N. Mutlu, I. Polat & U. Aksoy, 2023. Genetic diversity, population structure, and association analysis of female and male fig genotypes (*Ficus carica* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 65: 1603-1616. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00844-5>.
- Illa-Berenguer, E., J. Van Houten, Z. Huang & E. van der Knaap, 2015. Rapid and reliable identification of tomato fruit weight and locule number loci by QTL-seq. *Theor. Appl. Genet.*, 128: 1329-1342. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2509-x>.
- Itoh, M., T. Segawa, M. Tamiru, A. Abe, S. Sakamoto, A. Uemura, K. Oikawa, H. Kutsuzawa, H. Koga, T. Imamura, R. Terauchi & H. Takagi, 2019. Next-generation sequencing-based bulked segregant analysis for QTL mapping in the heterozygous species *Brassica rapa*. *Theor. Appl. Genet.*, 132: 2913-2925. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03396-z>.
- Kabaş Demirelli, A., 2008. Domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı dayanıklılık için moleküler işaretleyicilerin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Doktora Tezi, İzmir, 128 s.
- Kaya, D. & Z. Dalkılıç, 2021. Determination of a sex-related RAPD marker in carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Genetica*, 53 (2): 575-582. <https://doi.org/10.2298/GENSR2102575K>.
- Kim, S., C.-W. Kim, M. Park & D. Choi, 2015. Identification of candidate genes associated with fertility restoration of cytoplasmic male-sterility in onion (*Allium cepa* L.) using a combination of bulked segregant analysis and RNA-seq. *Theor. Appl. Genet.*, 128: 2289-2299. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2584-z>.
- Klein, H. & Y. Xiao, P.A. Conklin, R. Govindarajulu, J.A. Kelly, M.J. Scanlon, C.J. Whipple & M. Bartlett, 2018. Bulk-segregant analysis coupled to whole genome sequencing (BSA-Seq) for rapid gene cloning in maize. *G3-Genes Genomes Genetics*, 8 (11): 3583-3592. <https://doi.org/10.1534/g3.118.200499>.
- Li, Z. & Y. Xu, 2022. Bulk segregation analysis in the NGS era: a review of its teenage years. *Plant Journal*, 109: 1355-1374. <https://doi.org/10.1111/tpj.15646>.
- Liang, T., W. Chi, L. Huang, M. Qu, S. Zhang, Z.-Q. Chen, Z.-J. Chen, D. Tian, Y. Gui, X. Chen, Z. Wang, W. Tang & S. Chen, 2020. Bulk segregant analysis coupled with whole-genome sequencing (BSA-Seq) mapping identifies a novel pi21 haplotype conferring basal resistance to rice blast disease. *Int. J. Mol. Sci.*, 21: 2162. <https://doi.org/10.3390/ijms21062162>.
- Lu, H., T. Lin, J. Klein, S. Wang, J. Qi, Q. Zhou, J. Sun, Z. Zhang, Y. Wenig & S. Huang, 2014. QTL-seq identifies an early flowering QTL located near *Flowering Locus T* in cucumber. *Theor. Appl. Genet.* 127: 1491–1499. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2313-z>.
- Majeed, A., P. Johar, A. Raina, R.K. Salgotra, X. Feng & J.A. Bhat, 2022. Harnessing the potential of bulk segregant analysis sequencing and its related approaches in crop breeding. *Frontiers in Genetics*, 13: 94450. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.944501>.
- Meng, G., G. Zhu, W. Fang, C. Chen, X. Wang, L. Wang & K. Cao, 2019. Identification of loci for single/double flower trait by combining genome-wide association analysis and bulked segregant analysis in peach (*Prunus persica*). *Plant Breeding*, 138: 360-367. <https://doi.org/10.1111/pbr.12673>.
- Michelmore, R.W., I. Paran & R.V. Kesseli, 1991. Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 88: 9828-9832.

- Mutlu, N., A. Demirelli, H. İlbi & C. İkten, 2015. Development of co-dominant SCAR markers linked to resistant gene against the *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Theor. Appl. Genet., 128: 1791-1798. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2547-4>.
- Mutlu, N., F.H. Boyacı, M. Göçmen & K. Abak, 2008. Development of SRAP, SRAP-RGA, RAPD and SCAR markers linked with a *Fusarium* wilt resistance gene in eggplant. Theor. Appl. Genet., 117: 1303-1312. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0864-6>.
- Pierce, B. A., 2021. Genetics Essentials: Concepts and Connections. 5th Ed. W. H. Freeman and Company, New York, NY, 2106 pp.
- Pradhan, D. D. Mathew, S. K. Mathew & P. A. Nazeem, 2018 Identifying the markers and tagging a leucine-rich repeat receptor-like kinase gene for resistance to anthracnose disease in vegetable cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 93 (3): 225-231, <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1362962>.
- Quarrie, S.A., V. Lazić-Jančić, Dragan Kovačević, A. Steed & S. Pekić, 1999. Bulk segregant analysis with molecular markers and its use for improving drought resistance in maize. Journal of Experimental Botany, 50 (337): 1299-1306. <https://doi.org/10.1093/jxb/50.337.1299>.
- Sahoo, J., R. Mishra & R.K. Joshi, 2024. Bulk Segregant RNA Sequencing (BSR-Seq) combined with SNP genotyping towards mapping and characterization of a purple blotch resistance gene in onion (*Allium cepa* L.). Plant Mol Biol Rep., (ön izleme). <https://doi.org/10.1007/s11105-024-01466-1>.
- Shen, F., L. Bianco, B. Wu, Z. Tian, Y. Wang, T. Wu, X. Xu, Z. Han, R. Velasco, P. Fontana & X. Zhang, 2022. A bulked segregant analysis tool for out-crossing species (BSATOS) and QTL-based genomics-assisted prediction of complex traits in apple. Journal of Advanced Research, 42: 149-162. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.03.013>.
- Shen, F., Z. Huang, B. Zhang, Y. Wang, X. Zhang, T. Wu, X. Xu, X. Zhang & Z. Han, 2019. Mapping gene markers for apple fruit ring rot disease resistance using a multi-omics approach. G3, 9: 1663-1678. <https://doi.org/10.1534/g3.119.400167>.
- Singh, G., M. Pathak, D. Pathak & N.K. Sarao, 2023. Identification of SSR markers through bulk segregant analysis and inheritance of resistance to yellow vein mosaic disease in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Virus Dis., 34: 498-503. <https://doi.org/10.1007/s13337-023-00844-9>.
- Singh, M., S.P. Sharma, N.K. Sarao, S. Kaur & P. Chhuneja, 2020. Molecular mapping of nuclear male-sterility gene *ms-1* in muskmelon (*Cucumis melo* L.), The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 95(2): 162-168. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1652119>.
- Singh, R. K., N. Rai, J. M. Lima, M. Singh, S. N. Singh & S. Kumar, 2015. Genetic and molecular characterisations of *Tomato leaf curl virus* resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 90 (5): 503-510. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11668706>.
- Song, J., Z. Li, Z. Li, Y. Guo & L.J. Qiu, 2017. Next-generation sequencing from bulked-segregant analysis accelerates the simultaneous identification of two qualitative genes in soybean. Front. Plant Sci., 8: 919. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00919>.
- Song, Z., J. Zhong, J. Dong, F. Hu, B. Zhang, J. Cheng & K. Hu, 2022. Mapping immature fruit colour-related genes via bulked segregant analysis combined with whole-genome re-sequencing in pepper (*Capsicum annuum*). Plant Breeding, 141 (2): 277-285. <https://doi.org/10.1111/pbr.12997>.
- Sreenivasa, V., S.K. Lal, P.K. Babu, H.K.M. Swamy, R.R. Yadav, A. Talukdar & D.R. Rathod, 2020. Inheritance and mapping of drought tolerance in soybean at seedling stage using bulked segregant analysis. NIAB Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization: 1-8. <https://doi.org/10.1017/S1479262120000052>.
- Suematsu, K. & M. Tanaka, 2024. Mapping of a major locus involved in shoot growth habit in hexaploid sweetpotato using bulked-segregant analysis. Euphytica, 220: 48. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03308-3>.
- Şimşek Uçkun, M. & Z. Dalkılıç, 2022. Nar (*Punica granatum* L.)'da bitki boyu ile ilişkili bir RAPD belirteci. ADÜ Ziraat Derg., 19 (2): 199-205. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.1096352>.
- Teoman, S., M. Ipek, U. Erturk, N. Tangu, E. Durgut, E. Barut, S. Ercisli & A. Ipek, 2017. Assessment of genetic relationship among male and female fig genotypes using simple sequence repeat (SSR) markers. Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj Napoca, 45: 172-178. <https://doi.org/10.15835/nbha45110756>.
- Torrance, L., G.H. Cowan, K. McLean, S. MacFarlane, A.N. Al-Abedy, M. Armstrong, T.-Y. Lim, I. Hein & G.J. Bryan, 2020. Natural resistance to Potato virus Y in *Solanum tuberosum* Group Phureja. Theor. Appl. Genet., 133: 967-980. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03521-y>.

- Vardar-Kanlıtepe, Ç., S. Aras & D. Cansaran-Duman, 2010. Bitki ıslahında moleküler belirteçlerin kullanımı ve gen aktarımı. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67 (1): 33-43.
- Wallace, J. G., E. Rodgers-Melnick & E. S. Buckler, 2018. On the road to Breeding 4.0: unraveling the good, the bad, and the boring of crop quantitative genomics. *Annu. Rev. Genet.*, 52: 421-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120116-024846>.
- Wang, C. H., W. Li, Y. K. Tian, D. L. Hou & M. D. Bai, 2016. Development of molecular markers for genetic and physical mapping of the *PcDw* locus in pear (*Pyrus communis* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91 (3): 299-307. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2016.1155319>.
- Wang, J.-Y., J.-D. Chen, S.-L. Wang, L. Chen, C.-L. Ma & M.-Z. Yao, 2020. Repressed gene expression of photosynthetic antenna proteins associated with yellow leaf variation as revealed by bulked segregant RNA-seq in tea plant *Camellia sinensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68, 8068-8079. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01883>.
- Wang, X., L. Han, J. Li, X. Shang, Q. Liu, L. Li & H. Zhang, 2023. Next-generation bulked segregant analysis for Breeding 4.0. *Cell Reports*, 42 (9): 113039. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2023.113039>.
- Yazıcı, K., B. Gönülkırılmaz & M. Şahin Çevik, 2023. Development of molecular marker linked to seed hardness in pomegranate using bulked segregant analysis. *Life*, 13: 1123. <https://doi.org/10.3390/life13051123>.
- Zhang, J. & D.R. Panthee, 2020. PyBSASeq: a simple and effective algorithm for bulked segregant analysis with whole genome sequencing data. *BMC Bioinformatics*, 21: 99. <https://doi.org/10.1186/s12859-020-3435-8>.
- Zhang, T., J. Liu, S. Liu, Z. Ding, F. Luan & P. Gao, 2019. Bulk-segregant analysis identified a putative region related to short internode length in melon. *HortScience*, 54 (8): 1293-1298. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14052-19>.
- Zou, C., P. Wang & Y. Xu, 2016. Bulk sample analysis in genetics, genomics and crop improvement. *Plant Biotechnol. J.*, 1941-1955. <https://doi.org/10.1111/pbi.12559>.