



Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi

Journal of Agricultural Faculty of Ege University (EJAR)



Yıl (Year) : 2024

Cilt (Volume) : 61

Sayı (Number) : 4

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

Doç. Dr. Arzu YAZGI

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: 16.12.2024

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

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)

Determination of chemical composition of some blackthorn genotypes (*Prunus spinosa* L.)

Bazı çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) genotiplerinin kimyasal bileşiminin belirlenmesi

Şakir Burak BÜKÜCÜ, Zahide SÜSLÜOĞLU, Akide ÖZCAN, Nesibe Ebru KAFKAS, Mehmet SÜTYEMEZ401

Smallholder commercialization: What drives the household welfare of smallholder rice farmers?

Küçük ölçekli ticarileştirme: Küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin hane refahını neler etkiliyor?

Ikenna Charles UKWUABA, Chukuwuemeka John ARENE, Chiedozi Benjamin OKPUKPARA413

Determination of germination and seedling characteristics of common grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes under salt stress

Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tuz stresi altında çimlenme ve fide özelliklerinin belirlenmesi

Serhan KAYA, Semih AÇIKBAŞ425

The effect of different light wavelengths and lighting duration on the yield and quality of *Pleurotus ostreatus* mushroom

Farklı ışık dalga boyları ve aydınlatma süresinin *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve kalitesine etkisi

Taner AKKAN, Mehmet ÇETİN, Lütfiye Özlem AKKAN437

The endophytic fungus *Serendipita indica* colonization protects chickpea plants against *Fusarium* wilt disease

Endofitik Fungus *Serendipita indica* kolonizasyonu nohut bitkilerini *Fusarium* solgunluğu hastalığına karşı korumaktadır

Sercan PAZARLAR, Eray ŞİMŞEK449

Determination of the effect of magnesium applications on yield, fiber quality and chlorophyll content in cotton

Magnezyum uygulamalarının pamukta verim, lif kalite kriterleri ve klorofil içeriğine etkisinin belirlenmesi

Emine ŞAHİN, Emine KARADEMİR461

Türkiye’de döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisi: Kesirli-frekanslı Fourier testlerden kanıtlar

The impact of exchange rate on pesticide consumption in Türkiye: Evidence from fractional-frequency Fourier tests

Ömer KESKİN475

Küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi

Investigation of food safety awareness and consumer behavior in products obtained from small ruminants

Elif ŞENYÜZ, Hacer TÜFEKÇİ.....487

Doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile alternatif turizm rotaları: Finike, Antalya

Alternative tourism routes with regard to natural and cultural landscape values: Finike, Antalya

Tuğba TUNÇ, Emrah YILDIRIM.....501

DERLEMELER (REVIEWS)

Su-enerji-gıda zinciri kavramına dayalı ulusal politikaların belirlenmesi

Determination of national policies based on the concept of water-energy-food nexus

Uğur YEGÜL, Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU519



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):401-412
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1425197>

Şakir Burak BÜKÜCÜ^{1*}

Zahide SÜSLÜOĞLU²

Akide ÖZCAN³

Nesibe Ebru KAFKAS⁴

Mehmet SÜTYEMEZ⁵

Determination of chemical composition of some blackthorn genotypes (*Prunus spinosa* L.)

Bazı çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) genotiplerinin kimyasal bileşiminin belirlenmesi

Received (Alınış): 24.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi):06.08.2024

¹ Department of Plant and Animal Production, Silifke Tasucu Vocational School, Selcuk University, 33900, Silifke, Mersin, Türkiye

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Bingol, 12000, Bingol, Türkiye

³ Department of Organic Farming, Goksun Vocational School, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, 46650, Goksun, Kahramanmaraş, Türkiye

⁴ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Çukurova, 01330, Balcalı, Adana, Türkiye

⁵ Department of Horticulture, Agricultural Faculty, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, 46040, Kahramanmaraş, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

burakbukucu@gmail.com

ABSTRACT

Objective: This study aimed to analyze the chemical and functional properties of fruits from five selected *Prunus spinosa* L. genotypes grown in Seydişehir district of Konya province, and determine the differences among the genotypes.

Material and Methods: In the research, fruit properties such as fruit weight, pericarp color, flesh color were determined, while total soluble solids (TSS), pH, titratable acid (TA), total phenol content, antioxidant level and volatile organic compounds were analyzed. PCA analysis was employed to distinguish variations among the genotypes.

Results: Five different blackthorn genotypes were examined for fruit properties, revealing variations. Fruit weight ranged from 1.31 g to 2.67 g. TSS content was determined to be between 11.9% and 13.2%. pH values varied from 3.35 to 4.22, while TA ranged from 0.83% to 1.30%. Total phenol content ranged from 356.92 mg GAE/100 g to 387.56 mg GAE/100 g. Total antioxidant levels were determined to be between 65.13% and 77.06%. Thirty different compounds were detected in the analysis of volatile organic compounds, including seven different acids.

Conclusion: Significant diversity among the blackthorn genotypes has been identified. Statistical analyses have shown that B01T genotype has the highest total phenol content, while B05T genotype has the highest antioxidant level. The presence of various volatile organic compounds in blackthorn indicates the diversity of its chemical profile. The findings support the notion that blackthorn has a beneficial potential for health and is a valuable candidate for the development of health-focused food products.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, Konya iline bağlı Seydişehir ilçesinde yetişen seçilmiş beş *Prunus spinosa* L. genotipinin meyvelerindeki kimyasal ve fonksiyonel özellikleri analiz edilerek genotipler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem: Araştırmada, meyve ağırlığı, perikarp rengi, et rengi gibi meyve özellikleri belirlenmiş, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH, titre edilebilir asitlik, toplam fenol içeriği, antioksidan seviyesi ve uçucu organik bileşikler analiz edilmiştir. PCA analizi genotipler arasındaki varyasyonları ayırt etmek için kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Beş farklı çakal eriği genotipinin meyve özellikleri incelenmiş ve varyasyonları ortaya konmuştur. Meyve ağırlığı 1.31 g-2.67 g arasında değişmiştir. SÇKM %11.9-%13.2 arasında tespit edilmiştir. pH değerleri 3.35-4.22 arasında, titre edilebilir asitlik ise %0.83-%1.30 arasında belirlenmiştir. Toplam fenol içeriği 356.92 mg GAE/100 g ile 387.56 mg GAE/100 g arasında değişmiştir. Toplam antioksidan miktarları %65.13 ile %77.06 arasında belirlenmiştir. Uçucu organik bileşik analizinde otuz farklı bileşik tespit edilmiş, bunlar arasında yedi farklı asit belirlenmiştir.

Sonuç: Çakal eriği genotipleri arasında önemli çeşitlilik tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler, B01T genotipinin en yüksek toplam fenol içeriğine, B05T genotipinin ise en yüksek antioksidan seviyesine sahip olduğunu göstermiştir. Çakal eriğinde çeşitli uçucu organik bileşiklerin bulunması, kimyasal profilinin çeşitliliğini göstermektedir. Bulgular, çakal eriğinin sağlık için faydalı bir potansiyele sahip olduğunu ve sağlıklı odaklı gıda ürünlerinin geliştirilmesinde değerli bir aday olduğunu desteklemiştir.

Keywords: DPPH, HS/SPME/GC/MS, total phenol, volatile organic compounds

Anahtar sözcükler: DPPH, HS/SPME/GC/MS, toplam fenol, uçucu organik bileşikler

INTRODUCTION

Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) in temperate climate regions of Asia (Meschini et al., 2017; Owczareka et al., 2017), Europe, West Asia, and Northwest Africa (Elez-Garofulić et al., 2018), can be grown naturally, especially in the Central, North, West and South regions of Türkiye (Marakoğlu et al., 2005). *Prunus spinosa*; 'blackthorn' or 'sloe', which is in the *Rosaceae* family, including fruit species such as almond, cherry, and peach, is called 'Çakal eriği' or 'Güvem' in Türkiye (Karakas et al., 2019). It has been known as one of the ancestors of *Prunus domestica* L., has a chromosome number of $2n=32$ (Aparajita et al., 2002). It blooms white blossoms in March and April. The trees are shrub-like, thorny, densely branched, 1-4 m tall, and deciduous. The leaves are elliptical, 2-3 cm in length, hairy at first and after glabrous. Its flowers consist of 5 petals and 5 sepals and are in hermaphrodite form and pollinated by insects and self-fertilized. After fertilization, the fruits begin to develop and usually ripen very late which may take until late autumn. The fruits of *P. spinosa* are bluish-black in color and very acidic and tannic at the beginning of maturity (Kırca, 2022).

The fruit, flower, bark, and root of *P. spinosa*, which has been consumed since ancient times, are used for medicinal purposes. The blackthorn is also used in the food industry for the production of jams and various beverages (liquor, wine, juice, compote and tea) (Veličković et al., 2014). Sikora et al. (2013) reported that the freeze-drying process of blackthorns did not significantly affect the nutrient and antioxidant content. This allows this species to be frozen and consumed out of season.

Raw blackthorn fruits consist of water ($\cong 68\%$), sugars, acids, astringency substances like tannins and polyphenols, proteins, cellulose, anthocyanins, minerals (K, P, Fe, Cu, Na), provitamin A, vitamins (B1, B2, C, PP) (Leterme et al., 2006; Ruiz-Rodríguez et al., 2014). It is also rich in phenolics and antioxidants (Sikora et al., 2013; Ruiz-Rodríguez et al., 2014; Veličković et al., 2014). The fruits of *P. spinosa* contain many bioactive compounds such as tocopherols (α -tocopherol, β -tocopherol, -tocopherol, and δ -tocopherol), L-ascorbic acid, β -carotene, anthocyanins (cyanidin-3-routine, peonidine-3-routine and cyanidin-3-glycoside) and flavonoids (routine, quercetin, and hyperoside) (Fraternal et al., 2009; Ruiz-Rodríguez et al., 2014; Ayla et al., 2017).

Blackthorn is used in phytotherapy. The flowers, bark and root of blackthorn have been traditionally used in public medicine for their diuretic and laxative properties, due to their ability to remove excess sodium ions, harmful products of metabolism, reduce the permeability of blood vessels, and counteract inflammation of the urinary tract (Elez-Garofulić et al., 2018). Recently, blackthorn has attracted attention both as an industrial food plant due to its rich source of phenolic compounds and as a pharmacological nutraceutical medicinal plant (Kumarasamy et al., 2004, 2007; Pinacho et al., 2015; Yuksel, 2015; Mikulic-Petkovsek et al., 2016; Meschini et al., 2017). It is an antispasmodic and anti-inflammatory agent in the treatment of various coughing diseases, hypertension, regulation of menstruation, diabetes and gastrointestinal disorders. It has an antiseptic effect (due to the presence of tannins) and shows activity against inflammation of the mucosal layer of the digestive tract (Borkowski et al., 1994; Kültür, 2008). *P. spinosa* is used to treat skin problems and soothe stomach cramps (Browics, 1972). Blackthorn is an excellent source of polyphenolic compounds that can significantly reduce the negative effects of free radicals found in fresh fruit extracts in the organism. Therefore, they have an important role in the prevention of neurodegenerative diseases, cardiovascular diseases, and cancer (Burits & Bučar, 2000).

The existing study was carried out on blackthorn genotypes naturally grown in the Seydişehir district of Konya, Türkiye. In the study, the phenolic components, antioxidant capacity, and volatile organic compounds of the blackthorn genotypes were determined and the differences between the genotypes were revealed.

MATERIALS and METHODS

Plant materials and sample preparation

The study utilized fruits sourced from five distinct genotypes of blackthorn (*P. spinosa*), all naturally grown under comparable ecology in Seydişehir, located within the Konya province of Türkiye. The visuals of the fruits of the blackthorn genotypes are presented in Figure 1. The location of the region where the study was conducted is presented in Figure 2. The coordinates and altitude information determined by the genotypes are presented in Table 1.



Figure 1. Visuals of the fruits of the blackthorn genotypes.

Şekil 1. Çakal eriği genotiplerinin meyvelerine ait görseller.

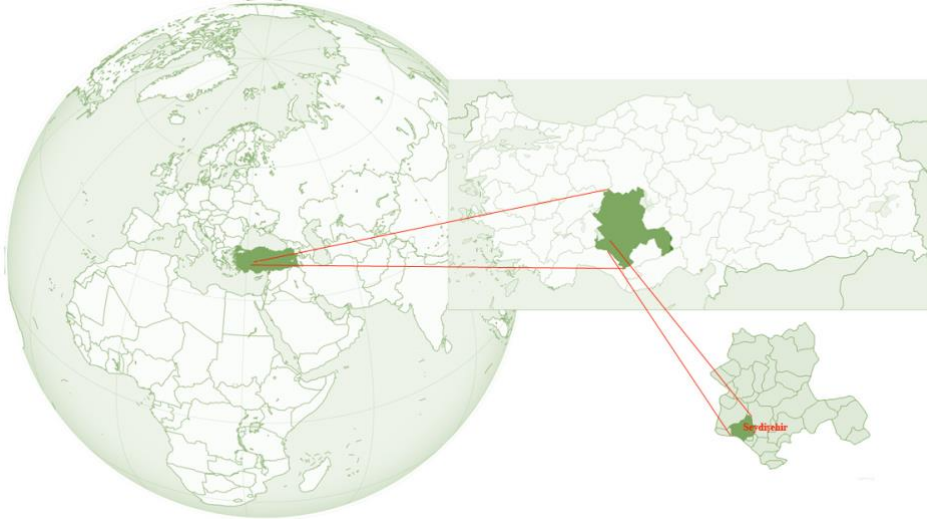


Figure 2. Location of the region from which 5 different blackthorn genotypes were obtained.

Şekil 2. Beş farklı çakal eriği genotipinin elde edildiği bölgenin konumu.

Table 1. The coordinate and altitude information of the blackthorn genotypes

Çizelge 1. Çakal eriği genotiplerinin koordinat ve rakım bilgileri

Genotypes	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
B01T	37°24'53.1"N	31°50'21.7"E	1118
B02T	37°25'04.6"N	31°49'56.3"E	1122
B03T	37°25'00.6"N	31°50'06.0"E	1122
B04T	37°24'56.8"N	31°50'30.8"E	1117
B05T	37°24'53.6"N	31°50'25.0"E	1119

Fruit weight and color

Pericarp and pulp colors belonging to the blackthorn genotypes fruits were determined using Lovibond (TR 300; Amesbury, UK) to categorize color values as a^* (red), b^* (yellow) and L^* (brightness). L^* brightness value, 0 black, 100 white, a^* red, $-a^*$ green; b^* defines yellow and $-b^*$ defines blue. Chroma and hue angle values were calculated from the following equations: $\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ and $\text{Hue} = \tan^{-1} (b/a)$ (McGuire, 1992). Each blackthorn genotype's fruits were individually weighed using a precision scale with an accuracy of 0.01 g, and this process was repeated in five separate replicates, each comprising 20 fruits, to determine mean values.

Phytochemical properties

In each blackthorn genotype, twenty fruit samples were squeezed, and the resulting juices were subjected to centrifugation at 2000 rpm for five minutes. The pH level and total soluble solids content (TSSC) of the juices were determined using a digital refractometer from A. KRÜSS Optronic and a pH scale from HANNA Instruments, respectively. For titratable acid (TA) (%), 6 g of fruit juice underwent titration with 0.1 M NaOH using an Automatic Potentiometric Titrator (AT-510; KEM Kyoto Elect., Tokyo, Japan) until reaching pH 8.2. TA was expressed as a percentage of malic acid.

The total phenolic content in extracts from the blackthorn genotypes was determined using the Folin-Ciocalteu method (Singleton et al., 1999). Each sample (0.5 g, unpeeled) was weighed into 50 mL capped test tubes and homogenized for 30 seconds with 2500 μL of methanol. After homogenization, the samples were centrifuged at 2000 rpm for 5 minutes. Filtrates from the supernatant of each extract (50 μL , in triplicate) were transferred to screw-cap test tubes, followed by the addition of 250 μL of Folin Ciocalteu reagent and 750 μL of sodium carbonate solution (20%). After vortexing the tubes, they were incubated at room temperature in the dark for 2 hours. Subsequently, the UV-VIS spectrophotometer was employed to measure the absorbance of the mixture at 760 nm. The total phenolic content in samples was finally expressed as gallic acid equivalents mg GAE/100g of blackthorn extract.

To assess antioxidant content, a method based on modifications to the technique developed by Hatano et al. (1989) was employed. Each sample, weighing 0.5 g, was placed into a 50 mL capped test tube and homogenized with 2500 μL of methanol for a duration of 30 seconds. Following the homogenization process, the samples underwent centrifugation at 2000 rpm for a period of 5 minutes. Filtrates from the upper phase of each extract (50 μL , in triplicate) were transferred to screw-capped test tubes and mixed with a DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) solution diluted in methanol (1950 μL) to a concentration of 0.2 mM. Following vortexing, the tubes were incubated at room temperature in darkness for thirty minutes until the color changed from dark purple to light yellow. Subsequently, using a UV-VIS spectrophotometer, the absorbance of the mixture was determined at 517 nm. A control solution was prepared by mixing methanol with the DPPH radical reagent solution. The capability to scavenge the DPPH radical was calculated using the following equation:

$$\text{DPPH (\%)} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$

Analysis of volatile organic compounds (VOCs)

Ripe fruit juice samples were transferred into glass tubes for analysis. Volatile organic compounds (VOCs) were extracted using the HS-SPME/GC/MS (Headspace Solid Phase Micro Extraction/Gas Chromatography Mass Spectrometry) technique, where organic substances in the headspace were adsorbed by the syringe. The syringe then desorbed the volatile organics into the injector part of the GC-MS using a polar column. Analysis was conducted for seventy minutes using an Innowax column (30 m x 0.250 mm, 25 microns) in HS-GC/MS (Perkin Elmer) with a polar column. Compounds were identified by correlating peaks detected in the GC with those of reference compounds or mass spectra stored in the computer memory, facilitated by the Wiley and NIST Library Scanning Software (Urek, 2016).

Statistical analysis

The significance of differences between the genotypes was determined with one-way ANOVA, followed by Tukey's HSD test for multiple comparisons. Additionally, Principal Component Analysis (PCA), which illustrates the distances between the blackthorn genotypes on a two-dimensional graph, was conducted using JMP 13 based on the covariance matrix of the coefficients, using the values of volatile organic compounds.

RESULTS AND DISCUSSION

Some fruit properties of the blackthorn genotypes

The fruit weight, pericarp color and pulp color profile results of the genotypes examined in the study are presented in Table 2. The highest mean fruit weight was determined in B03T with 2.67 g and the lowest in B05T with 1.31 g. The L* values in pericarp color measurements in blackthorn genotypes ranged from 18.36 to 19.42. Values expressing the transition from green to red were found between 2.23 and 2.40. The b* values varied between 0.16 and 0.54. Pulp color values of the genotypes examined in the study were also measured. The L*, which expresses the brightness, was measured between 17.65 and 18.91 values. The a* values were found to be between 3.11 and 4.18, and the b* values were found to be between 0.54 and 0.81 for pulp color. Also, the chroma values were calculated between 2.63 and 2.97 for pericarp color, and between 5.16 and 8.90 for pulp color. Claudia et al. (2017) in a study conducted on 15 different blackthorns in Romania, it was reported that the fruit weights of genotypes ranged from 1.10 g to 4.20 g. The fruit weights of the genotypes examined in this study varied among these values. The hue angle value represents true color, which is effective for visualizing the color appearance of fruits (Rojas-Graü et al., 2006). Among the genotypes, the highest hue angle value for pericarp color was determined in B03T and B02T for pulp color (Table 1).

Table 2. Some fruit properties of the blackthorn genotypes

Çizelge 2. Çakal eriği genotiplerinin bazı meyve özellikleri

Genotypes	Fruit weight (g)	Pericarp color					Pulp color				
		L*	a*	b*	Chroma	Hue angle	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
B01T	1.79	19.21	2.34	0.35	2.80	8.51	18.25	3.32	0.75	5.79	12.73
B02T	1.42	19.25	2.39	0.16	2.87	3.83	18.91	3.11	0.81	5.16	14.60
B03T	2.67	18.36	2.23	0.54	2.63	13.61	17.65	3.41	0.72	6.07	11.92
B04T	1.77	19.35	2.40	0.42	2.97	9.93	18.29	4.18	0.58	8.90	7.90
B05T	1.31	19.42	2.38	0.33	2.89	7.89	18.51	3.19	0.54	5.23	9.61

Total soluble solids, pH, titratable acid, total phenols and DPPH of blackthorn genotypes

Total soluble solids (TSS) are used for quality control purposes, especially in the production stages of foods. In fruits, it is a parameter used for processes such as monitoring maturity and harvest time and continuous monitoring of the processing processes of foods such as fruit juice and canned food. TSS values were found between 11.9% and 13.2% in 5 different blackthorn genotypes examined in the study (Table 3).

To determine food quality and reliability, various analyzes are carried out on raw materials and the end of the products. From these analyzes, pH is used to determine acidity, one of the important quality criteria in foods. The pH of the blackthorn genotypes were determined between 3.35 and 4.22 (Table 3). In a study conducted by Kuru Berk et al. (2020), it was reported that the pH of *Prunus spinosa* L. subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin genotypes varied between 3.17-4.13. The results obtained from our study are similar. Titratable acid values of 5 blackthorn genotypes were found to be between 0.83 and 1.30 (Table 3).

The total phenol content examined in the fruits of the blackthorn genotypes was determined by the Folin-Ciocalteu method and results are indicated in Table 3. Experimental results show that the total phenol content in the examined extracts ranges from 356.92 mg GAE/100 g to 387.56 mg GAE/100 g. Veličković et al. (2014) reported that the content of total phenol compounds in fresh blackthorn ranged from 15.33 mg GAE/g to 20.94 mg GAE/g. In another study, they determined that the total phenol content in blackthorn genotypes were 117 mg GAE/100 g and 407 mg GAE/100 g (Erturk et al., 2009).

Leaf and flower extracts of *P. spinosa* are also reported to be rich in phenolics (Wolbiś et al., 2001; Olszewska & Wolbis, 2001, 2002). Lovrić et al. (2017) and Elez-Garofulić et al. (2018) also confirm the phenolic richness in the flowers of blackthorn. In addition, it has been reported that blackthorn fruit extracts have high phenolic content, which is rich in anthocyanins (Popović et al., 2020).

Blackthorn is one of the wild fruit species with high antioxidant levels. In this study, the antioxidant activity of the blackthorn fruit extracts was determined by DPPH method. All tested extracts exhibited potent scavenging activity against DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radicals ranging from 65.13% to 77.06%. Thanks to the antioxidant property of this species, it neutralizes the free radicals formed in the body and has a preventive effect against the damages of free radicals caused by various sources such as external factors and inadequate and unhealthy diet (Baysan, 2021).

Table 3. Total soluble solids, pH, titratable acid, total phenols and DPPH values of the blackthorn genotypes

Çizelge 3. Çakal eriği genotiplerinin suda çözünebilir kuru madde, pH, titre edilebilir asitlik, toplam fenol ve DPPH değerleri

Genotypes	Total soluble solids (%)	pH	Titratable acid (%)	Total phenols content (mg GAE/100 g)	DPPH (%)
B01T	13.2±0.01	3.85±0.12	1.04±0.22	387.56±0.03	72.38±0.13
B02T	12.3±0.03	3.35±0.06	0.83±0.21	375.89±0.16	65.13±0.20
B03T	13.02±0.02	4.22±0.23	0.90±0.13	366.5±0.12	74.34±0.16
B04T	11.9±0.02	4.14±0.19	0.87±0.24	356.92±0.16	77.06±0.21
B05T	12.7±0.03	4.19±0.10	1.30±0.09	373.23±0.11	68.39±0.21

Volatile organic compounds of blackthorn genotypes

Organic compound analyses of the blackthorn genotypes were performed with HS-SPME/GC/MS. According to these results, 30 different compounds were determined in 7 groups as a result of the volatile organic compound analysis. Six compounds from alcohols, 1 compound from terpenes, 6 compounds from aldehydes, 3 compounds from esters, 2 compounds from ketones, 8 compounds from acids and 5 other compounds were identified. Statistically significant differences were found among the genotypes in the identified compounds (Table 4).

Six compounds from the alcohol group, one of the volatile organic compounds, were determined in blackthorn genotypes. These compounds are 1-Octanol, (Z)-Hex-3-en-1-ol, Dihydrocitronellol, α -Terpineol, Linalool, and Nerolidol. In the study, it is the B03T genotype in which 6 alcohol groups were determined among 5 different blackthorn genotypes. Nerolidol alcohol compound was determined in all genotypes (Table 4). This alcohol compound is a sweetening and flavoring agent as an additive in foods. It is also used as a fragrance component in perfumes, cosmetics, soaps and detergents (Chan et al., 2016). Spadaccino et al. (2021), 14 compounds were detected in the alcohol group in blackthorn, and 1-Octanol values were determined to be close to each other.

In the study, only 1-Limonene was detected in B01T and B03T genotypes in the terpene group in the blackthorn genotypes (Table 4). Limonene is a compound commonly found in citrus fruits and is used as an additive to perfumes, soaps, foods, chewing gums and beverages due to its pleasant lemon-like sweet scent (Lappas & Lappas, 2012). In addition, this compound has been used in different treatments with its antibacterial, hepatoprotective, anticancer, gallstone dissolving and stomach acid-neutralizing effects (Argon et al., 2019; Kvittingen et al., 2021).

Six aldehydes were determined from volatile organic compounds. They are 2-Octenal, 2-Decenal, (E)-, 2-Dodecenal, (E)-, 2-Heptenal, (Z)-, Hexanal and Nonanal. There are many studies on the use of detected Hexanal to extend the shelf life of fresh fruits and meats (Shahidi & Pegg, 1994; Lanciotti et al., 1999; Brunton et al., 2000; Sharma et al., 2010). In a study, it was determined that the Hexanal content of blackthorn fruits was close to our study (Spadaccino et al., 2021). It was determined that the genotype richest in aldehyde content was B02T (Table 4).

In the genotypes examined in the study, 2-Butenedioic acid (Z)-, dibutyl ester, Neryl butyrate, Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester were determined within the ester group. The genotype with the highest ester component was determined as B03T (Table 4).

Two ketone group compounds (2-Propanone, 1-hydroxy- and Nonyl methyl ketone) were detected in 5 different blackthorn genotypes used in the study. B03T is the genotype with the highest values among the 5 genotypes in terms of 2-Propanone, 1-hydroxy- and Nonyl methyl ketone content. Values and statistical differences of other genotypes are presented in Table 4. Mikulic Petkovsek et al. (2016) reported some wild *Prunus* species the total amount of acid in the fruits of *P. spinosa* was higher than that of *P. avium*, *P. mahaleb* and *P. padus*. In this research, Decanoic acid, Undecanoic acid, Dodecanoic acid, Heptanoic acid, Hexanoic acid, Octanoic acid, Nonanoic acid and Tetradecanoic acid were determined in blackthorn genotypes. The synonym of Nonanoic acid is Pelargonic acid. This acid was determined in high amounts in all blackthorn genotypes. Ammonium pelargonate, the ammonium salt of Pelargonic acid, is a herbicide (Chitwood, 2002). Among the genotypes, the highest total acid value was determined in B05T, while the lowest was determined in B03T. Statistically significant differences were observed among the genotypes concerning acid compounds (Table 4).

Table 4. Retention times and volatile organic compounds of the blackthorn genotypes

Çizelge 4. Çakal eriği genotiplerinin retansiyon süreleri ve uçucu organik bileşikleri

R. time	Alcohols			B01T	B02T	B03T	B04T	B05T
	Compound Name	Syn	Molecular Formula					
29.008	1-Octanol	Octanol	C ₈ H ₁₈ O	0.42±0.04 ^c	nd	5.46±0.27 ^b	7.34±0.17 ^a	nd
14.749	(Z)-Hex-3-en-1-ol	Leaf alcohol	C ₆ H ₁₂ O	nd	1.68±0.13 ^a	1.54±0.09 ^a	nd	0.84±0.08 ^b
25.276	Dihydrocitronellol	Tetrahydrogeraniol	C ₁₀ H ₂₂ O	nd	nd	2.85±0.20 ^a	2.73±0.09 ^a	nd
22.878	α-Terpineol	Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	1.10±0.06 ^b	nd	2.17±0.22 ^a	0.73±0.12 ^c	nd
19.150	Linalool	Phantol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.34±0.11 ^c	0.72±0.14 ^b	2.45±0.17 ^a	nd	nd
35.821	Nerolidol	Peruvicol	C ₁₅ H ₂₆ O	1.45±0.17 ^a	0.51±0.05 ^c	0.93±0.10 ^b	0.47±0.09 ^c	0.73±0.06 ^{bc}
Total Alcohols				3.31±0.19	2.91±0.21	15.4±0.42	11.27±0.46	1.57±0.14
Terpen								
8.955	l-Limonene	S- (-)-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.37±0.05 ^b	nd	0.78±0.06 ^a	nd	nd
Total Terpen				0.37±0.05	nd	0.78±0.06	nd	nd
Aldehydes								
15.893	2-Octenal	(E)-Oct-2-enal	C ₈ H ₁₄ O	1.24±0.12 ^c	2.64±0.25 ^b	3.16±0.20 ^b	5.13±0.28 ^a	1.26±0.11 ^c
21.534	2-Decenal, (E)-	Decenal	C ₁₀ H ₁₈ O	0.69±0.15 ^b	6.72±0.27 ^a	1.02±0.09 ^b	0.67±0.14 ^b	0.81±0.11 ^b
24.155	2-Dodecenal, (E)-	2-dodecenal	C ₁₂ H ₂₂ O	0.40±0.05 ^{cd}	4.80±0.37 ^a	0.81±0.20 ^c	1.49±0.17 ^b	nd
12.951	2-Heptenal, (Z)-	(Z)-2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	0.55±0.13 ^c	1.57±0.24 ^b	4.16±0.25 ^a	nd	0.34±0.08 ^c
6.369	Hexanal	Caproaldehyde	C ₆ H ₁₂ O	4.74±0.41 ^a	2.96±0.29 ^b	2.19±0.19 ^c	1.53±0.16 ^{cd}	1.35±0.11 ^d
14.885	Nonanal	Pelargonaldehyde	C ₉ H ₁₈ O	0.68±0.18 ^c	4.09±0.30 ^a	nd	1.21±0.15 ^b	0.99±0.16 ^{bc}
Total Aldehydes				8.30±0.59	22.78±1.26	11.34±0.81	10.03±0.78	4.75±0.11

Table 4. Continued

Çizelge 4. Devamı

R. time	Esters			B01T	B02T	B03T	B04T	B05T
	Compound Name	Syn	Molecular Formula					
31.708	2-Butenedioic acid (Z)-, dibutyl ester	Dibutyl maleate	C ₁₂ H ₂₀ O ₄	0.35±0.07 ^d	nd	4.32±0.32 ^c	18.15±0.76 ^a	13.26±0.41 ^b
35.119	Neryl butyrate	Neryl butanoate	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	nd	nd	1.92±0.31 ^a	2.39±0.20 ^a	0.50±0.14 ^b
26.847	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-, 2,4,4-trimethylpentyl ester	2,4,4-Trimethyl-1,3-pentandiol 1-isobutyrate	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	3.55±0.47 ^d	13.6±0.38 ^c	34.55±2.93 ^a	26.46±1.54 ^b	nd
Total Esters				3.90±0.54	13.6±0.38	40.79±2.98	47.00±2.10	13.76±0.48
Ketons								
12.730	2-Propanone, 1-hydroxy-	Hydroxyacetone	C ₃ H ₆ O ₂	2.01±0.28 ^b	0.81±0.10 ^c	2.86±0.18 ^a	1.00±0.10 ^c	2.34±0.32 ^{ab}
28.012	Nonyl methyl ketone	2-Undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	1.62±0.27 ^b	0.45±0.10 ^c	2.76±0.26 ^a	2.63±0.25 ^a	nd
Total Ketons				3.63±0.29	1.26±0.19	5.62±0.17	3.63±0.31	2.34±0.32
Acids								
35.361	Decanoic acid	Capric acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	3.32±0.35 ^c	5.32±0.57 ^a	3.64±0.30 ^{bc}	2.69±0.36 ^{bc}	4.03±0.25 ^b
37.965	Undecanoic acid	Hendecanoic acid	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	7.04±0.19 ^a	1.65±0.12 ^b	nd	nd	nd
41.336	Dodecanoic acid	Lauric acid	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	15.14±0.70 ^a	5.45±0.15 ^b	2.02±0.20 ^c	1.81±0.12 ^c	1.23±0.28 ^c
28.884	Heptanoic acid	Enanthic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.81±0.16 ^b	0.68±0.15 ^b	nd	0.88±0.11 ^b	1.30±0.24 ^a
26.554	Hexanoic acid	Caproic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.42±0.18 ^d	3.01±0.24 ^b	2.58±0.38 ^{bc}	4.54±0.39 ^a	2.07±0.16 ^{cd}
31.114	Octanoic acid	Caprylic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	6.35±0.29 ^c	8.53±0.48 ^b	2.86±0.32 ^a	4.17±0.22 ^d	12.74±0.73 ^a
33.236	Nonanoic acid	Pelargonic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	31.49±1.09 ^b	30.54±1.23 ^b	13.04±0.19 ^c	11.71±0.58 ^c	45.04±2.54 ^a
51.846	Tetradecanoic acid	Myristic Acid	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.77±0.15 ^a	0.83±0.17 ^a	nd	nd	nd
Total acids				66.34±2.32	56.01±2.09	24.14±0.79	25.8±0.99	66.41±2.61
Other Compounds								
1.492	Methane, tetranitro-	Tetranitromethane	CN ₄ O ₈	0.93±0.22 ^b	nd	1.00±0.15 ^b	nd	10.14±0.18 ^a
29.314	Morpholine, 4-octadecyl-	4-Octadecylmorpholine	C ₂₂ H ₄₅ NO	8.19±0.78 ^a	3.46±0.21 ^b	0.93±0.19 ^c	1.15±0.09 ^c	1.04±0.12 ^c
20.279	Hexadecane	Cetane	C ₁₆ H ₃₄	0.52±0.13 ^a	nd	nd	nd	nd
1.490	L-Alanine ethylamide, (S)-	Alanine ethylamide	C ₅ H ₁₂ N ₂ O	4.51±0.38 ^a	nd	nd	nd	nd
24.024	Octane, 1,1'-oxybis-	Diocetyl ether	C ₁₆ H ₃₄ O	nd	nd	nd	1.12±0.11 ^a	nd
Total Other Compounds				14.15±0.66	3.46±0.21	1.93±0.32	2.27±0.17	11.18±0.27

nd; not detected.

^{a,b,c,d}; data with different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Some other compounds were also detected in the blackthorn genotypes used in the study. These are Methane, tetranitro-, Morpholine, 4-octadecyl-, Hexadecane, 1-Alanine ethylamide, (S)-, Octane, 1,1'-oxybis-. Data for these compounds and statistical differences between the genotypes are presented in Table 4. Also, the sum of the peak areas obtained by HS-SPME-GC-MS samples of 5 *P. spinosa* genotypes is presented in Figure 3.

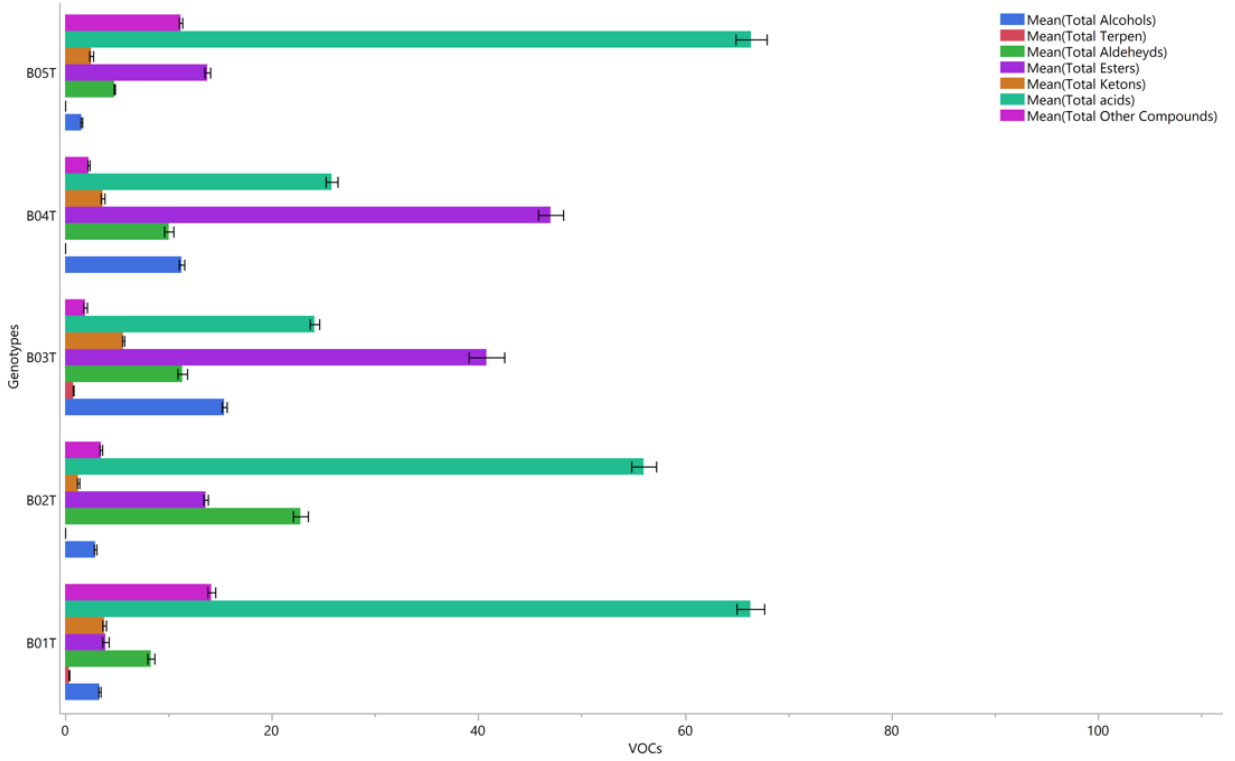


Figure 3. Sum of the peak areas obtained by HS-SPME-GC-MS samples of the *P. spinosa* genotypes.

Şekil 3. *P. spinosa* genotiplerinin HS-SPME-GC-MS örneklerinden elde edilen pik alanlarının toplamı.

A Principal Component Analysis (PCA) was performed, which reduces the multidimensional nature of the data and provides a two-dimensional map for both genotypes and VOCs to explain the observed variance. PC1 explained 26.8% of the total variation, while PC2 explained 39.0%. These two components explain a large proportion of 65.8% of all variation. The score plot clearly showed the differences between the genotypes. While B02T and B05T were in the same cluster, other genotypes (B01T, B03T and B04T) were diversified (Figure 4). As can be seen in Figure 4, all chemical components are separated from each other.

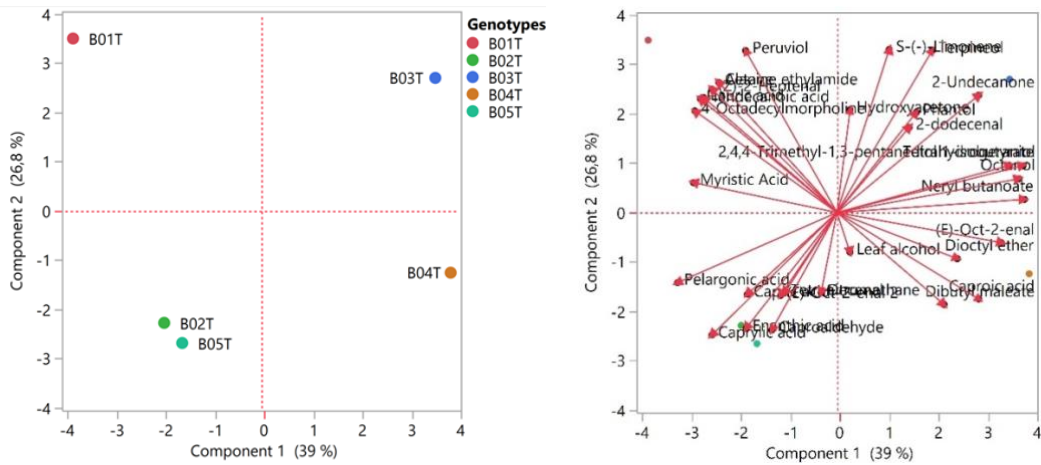


Figure 4. Score plot of principal component analysis of VOCs analyzed in different genotypes of *P. spinosa* and chemical classes.

Şekil 4. *P. spinosa* 'nin farklı genotiplerinde analiz edilen Uçucu organik bileşiklerin PCA analizi skor grafiği ve kimyasal sınıfları.

CONCLUSION

In this study, some fruit traits, total soluble solids, pH, titratable acid, total phenol and DPPH analyses were performed on the blackthorn genotypes grown naturally in the Seydişehir district of Konya province of Türkiye. As a result of the findings, it was revealed that there were differences among the genotypes. B03T, with an average fruit weight of 2.67 g, exhibited significantly higher fruit weight compared to other genotypes. Among the genotypes, B01T stood out for its total soluble solids, B01T for total phenolic content and B04T for antioxidant content. Based on the values of volatile organic compounds, PCA analysis revealed that genotypes B02T and B05T were closely associated with each other while other genotypes were distinctly separated from these two.

In conclusion, detailed information was obtained through volatile organic analyses on five different blackthorn genotypes. It was determined that the contribution of acids was high in all essential oils in the blackthorn genotypes. VOC components detected in the study; it is used in the development of functional components in food (flavor and sweetener), cosmetics, cleaning products, pharmacy and agriculture (plant growth regulator, herbicide). The findings also provide important contributions to obtaining deeper information about the chemical structure of *P. spinosa* and understanding the differences among the genotypes.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: ŞBB, ZS, AÖ, NEK, MS; sample collection: ŞBB, ZS, AÖ; analysis and interpretation of data: ŞBB, ZS, AÖ; statistical analysis: ŞBB, ZS, AÖ; visualization: ŞBB, ZS, AÖ; writing manuscript: ŞBB, ZS, AÖ, NEK, MS.

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. Emrah ZEYBEKOĞLU.

REFERENCES

- Aparajita, M., M. Juan Pedro & A. Itziar, 2002. Population genetic analysis of European *Prunus spinosa* (Rosaceae) using chloroplast DNA markers. *American Journal of Botany*, 89: 1223-1228.
- Argon, Z.Ü., N. İlhan, A. Gökyer, S.B. Öztürk & B. Koparal, 2019. Phytochemical evaluation of *Morus alba* seeds and cold pressed oil. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 6 (1): 41-50.
- Ayla, Ş., M.Y. Günal, A.A. Sayın Şakul, Ö. Biçeroğlu, E.M. Özdemir, M.E. Okur, D.Ç. Polat, N. Üstündağ Okur & B.E. Bilgiç, 2017. Effects of *Prunus spinosa* L. fruits on experimental wound healing. *Medeniyet Medical Journal*, 32: 152-158.
- Baysan, E.V., 2021. Optimization of Phenolics Substance and Antioxidant Activities, in The Extraction from *Prunus spinosa* L. Fruits by Response Surface Methodology. Health Science Institute, Bezmialem Vakıf University, (Unpublished) MSc Thesis, İstanbul, Türkiye, 80 pp.

- Borkowski, B., J. Lutomski, E. Skrzydlewska & B. Zygmunt, 1994. Rosliny lecznicze w fitoterapii, IRiPZ, Poznan, 470-471.
- Browics, K., 1972. "Prunus, 8-12". In: Flora of Turkey and East Aegean Islands. (Eds. P.H. Davis, J. Cullen & M.J.E. Coode Davis), University Press, Edinburgh, 568 pp.
- Brunton, N.P., D.A. Cronin, F.J. Monahan & R. Durcan, 2000. A comparison of solid-phase microextraction (SPME) fibres for measurement of hexanal and pentanal in cooked turkey. *Food Chemistry*, 68 (3): 339-345.
- Burits, M. & F. Bučar, 2000. Antioxidative activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14: 323-328.
- Chan, W.K., L.T.H. Tan, K.G. Chan, L.H. Lee & B.H. Goh, 2016. Nerolidol: A sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities. *Molecules*, 21 (5): 529.
- Chitwood, D.J., 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology. Annual Reviews*, 40 (1): 221-249.
- Claudia, G.C.F., I.M. Elena & C.S. Niculina, 2017. Some fruit characteristics of blackthorn (*Prunus spinosa* L.). *Annals of The University of Craiova*, Vol. 22 (58): 129-136.
- Elez-Garofulić, I., Z. Zorić, S. Pedisić, M. Brnčić & V. Dragović Uzelac, 2018. UPLC-MS2 profiling of blackthorn flower polyphenols isolated by ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Science*, 83 (11): 2782–2789.
- Erturk, Y., S. Ercisli & M. Tosun, 2009. Physico-chemical characteristics of wild plum fruits (*Prunus spinosa* L.). *International Journal of Plant Production*, 3 (3): 89-92.
- Fraternale, D., L. Giamperi, A. Bucchini, P. Sestili, M. Paolillo & D. Ricci, 2009. *Prunus spinosa* fresh fruit juice: Antioxidant activity in cell-free and cellular systems. *Natural Product Communications*, 4: 1665-1670.
- Hatano, T., R. Edamatsu, A. Mori, Y. Fujita, T. Yasuhara, T. Yoshida & T. Okuda, 1989. Effects of the interaction of tannins with co-existing substances. VI. effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1,1-diphenyl-picrylhydrazyl radical *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 37: 2016-2021.
- Karakas, N., M.E. Okur, I. Ozturk, S. Ayla, A.E. Karadag & D.Ç. Polat, 2019. Antioxidant activity of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) fruit extract and cytotoxic effects on various cancer cell lines. *Medeniyet Medical Journal*, 34 (3): 297.
- Kırca, L., 2022. Usability of Blackthorn (*Prunus spinosa*) and Some Almond (*Prunus amygdalus*) Rootstocks as Rootstock for Late Flowering Almond Cultivars. Bolu Abant İzzet Baysal University, Institute of Graduate Education, (Unpublished) PhD Thesis Bolu, Türkiye, 121 pp.
- Kumarasamy, Y., M. Byres, P.J. Cox, M. Jaspars, L. Nahar & S.D. Sarker, 2007. Screening seeds of some scottish plants for free radical scavenging activity. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21 (7): 615-621.
- Kumarasamy, Y., P.J. Cox, M. Jaspars, L. Nahar & S.D. Sarker, 2004. Comparative studies on biological activities of *Prunus padus* and *P. spinosa*. *Fitoterapia*, 75 (1): 77-80.
- Kuru Berk, S., A. Tas, E. Orman, M. Gundogdu, T. Necas, I. Ondrasek, N. Karatas & S. Ercisli, 2020. Agromorphological and biochemical characterization of wild *Prunus spinosa* L. Subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin genotypes naturally grown in Western Black Sea region of Turkey. *Agronomy*, 10 (11): 1748.
- Kültür, Ş., 2008. An ethnobotanical study of Kırklareli (Turkey). *Phytologia Balcanica*, 14: 279-89.
- Kvittingen, L., B.J. Sjørnes & R. Schmid, 2021. Limonene in citrus: A string of unchecked literature citations?. *Journal of Chemical Education*, 98 (11): 3600-3607.
- Lanciotti, R., M.R. Corbo, F. Gardini, M. Sinigaglia & M.E. Guerzoni, 1999. Effect of hexanal on the shelf life of fresh apple slices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (11): 4769-4776.
- Lappas, C.M. & N.T. Lappas, 2012. D-Limonene modulates T lymphocyte activity and viability. *Cellular Immunology*, 279 (1): 30-41.
- Leterme, P., A. Bulden, F. Estrada & A.M. Londoño, 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and The Rain Forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95: 644-652.
- Lovrić, V., P. Putnik, D.B. Kovačević, M. Jukić & V. Dragović-Uzelac, 2017. Effect of microwave-assisted extraction on the phenolic compounds and antioxidant capacity of blackthorn flowers. *Food Technology and Biotechnology*, 55 (2): 243–250.

- Marakoğlu, T., D. Arslan, M. Özcan & H. Haciseferoğulları, 2005. Proximate composition and technological properties of fresh blackthorn (*Prunus spinosa* L. subsp dasyphylla (Schur.)) fruits. *Journal of Food Engineering*, 68 (2): 137-142.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective colour measurement. *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- Meschini, S., E. Pellegrini, M. Condello, G. Occhionero, S. Delfino, G. Condello & F. Mastrodonato, 2017. Cytotoxic and apoptotic activities of *Prunus spinosa* trigno ecotype extract on human cancer cells. *Molecules*, 22 (9): 1578.
- Mikulic-Petkovsek, M., F. Stampar, R. Veberic & H. Sircelj, 2016. Wild *Prunus* fruit species as a rich source of bioactive compounds. *Journal of Food Science*, 81 (8): 1928-1937.
- Olszewska, M. & M. Wolbiś, 2001. Flavonoids from the flowers of *Prunus spinosa* L.. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58 (5): 367-372.
- Olszewska, M. & M. Wolbiś, 2002. Further flavonoids from the flowers of *Prunus spinosa* L.. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 59 (2): 133-137.
- Owczareka, A., A. Magiera, M. Matczaka, G. Dorota, M. Piotrowska, A. Olszewska & A. Marchelaka, 2017. Optimisation of preparative HPLC separation of four isomeric kaempferol glycosides from *Prunus spinosa* L. by application of the response surface methodology. *Phytochemistry Letters*, 20: 415-424.
- Pinacho, R., R. Caverio, I. Astiasarán, D. Ansorena & M. Calvo, 2015. Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and Influence of *in vitro* digestion on their antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 19: 49-62.
- Popović, B.M., B. Blagojević, R.Ž., Pavlović, N. Mičić, S. Bijelić, B. Bogdanović, A. Mišan, C.M.M Duarte & A.T. Serra, 2020. Comparison between polyphenol profile and bioactive response in blackthorn (*Prunus spinosa* L.) genotypes from North Serbia-from raw data to PCA analysis. *Food Chemistry*, 302: 125373.
- Rojas-Graü, M.A., A. Sobrino-López, M. Soledad Tapia & O. Martín-Belloso, 2006. Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *Journal of Food Science*, 71 (1): 59-65.
- Ruiz-Rodríguez, B.M., B. de Ancos, C. Sánchez-Moreno, V. Fernández-Ruiz, M. de Cortes Sánchez-Mata, M. Cámara & J. Tardío, 2014. Wild blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) fruits as valuable sources of antioxidants. *Fruits*, 69: 61-73.
- Shahidi, F. & R.B. Pegg, 1994. Hexanal as an indicator of meat flavor deterioration. *Journal of Food Lipids*, 1 (3): 177-186.
- Sharma, M., J.K. Jacob, J. Subramanian & G. Paliyath, 2010. Hexanal and 1-MCP treatments for enhancing the shelf life and quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 125 (3): 239-247.
- Sikora, E., M.I. Bieniek & B. Borczak, 2013. Composition and antioxidant properties of fresh and frozen stored blackthorn fruits (*Prunus spinosa* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12 (4): 365-72.
- Singleton, V.L., R. Orthofer & R.M. Lamuela-Raventos, 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Spadaccino, G., L. Frabboni, F. Petrucci, G. Disciglio, A. Mentana, D. Nardiello & M. Quinto, 2021. Essential oil characterization of *Prunus spinosa* L., *Salvia officinalis* L., *Eucalyptus globulus* L., *Melissa officinalis* L. and *Mentha x piperita* L. by a volatilomic approach. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 202: 114167.
- Urek, U., 2016. Characterization of Some of the Fruit Quality Characteristics on apple "Kaşel-41 X Williams Pride" F1 Population by Using Chromatography Techniques. Institute of Natural and Applied Sciences, Çukurova University, (Unpublished) MSc Thesis ,Adana, Türkiye, 106 s.
- Veličković, J.M., D.A. Kostić, G.S. Stojanović, S.S. Mitić, M.N. Mitić, S.S. Ranđelović & A.S. Đorđević, 2014. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activity of the extracts from *Prunus spinosa* L. fruit. *Hemijaska industrija*, 68 (3): 297-303.
- Wolbiś, M., M. Olszewska & W.J. Wesolowski, 2001. Triterpenes and sterols in the flowers and leaves of *Prunus spinosa* L. (*Rosaceae*). *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58 (6): 459-462.
- Yüksel, A.K., 2015. The effects of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) addition on certain quality characteristics of ice cream. *Journal of Food Quality*, 38 (6): 413-421.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):413-425
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1435516>

Ikenna Charles UKWUABA¹

Chukuwumeka John ARENE¹

Chiedozie Benjamin OKPUKPARA^{1*}

¹ University of Nigeria, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 410001, Nigeria, Nsukka, Nigeria

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

benjamin.okpukpara@unn.edu.ng

Smallholder commercialization: What drives the household welfare of smallholder rice farmers?

Küçük ölçekli ticarileştirme: Küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin hane refahını neler etkiliyor?

Received (Alınış): 12.02.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 10.09.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate the socio-economic and institutional determinants of smallholder rice farmers' household welfare in Nigeria, one of the countries with extreme cases of multidimensional poverty in the world.

Material and Methods: Multistage sampling techniques were used in the selection of 288 smallholder rice farmers. Primary data was collected from the respondents with a semi-structured questionnaire. The market participation index and ordinary least square regression were the models used to realize the objectives.

Results: It was revealed that the smallholder rice farmers were semi-commercialized with a market participation index of 0.73. The educational level of the household head, household size, access to fertilizer, rice output, the quantity of rice sold, cooperative membership and distance to an established market were identified as the key drivers of smallholder rice farmers' welfare.

Conclusion: Engagement in the output market impacted positively on the farm income and per capita consumption expenditure, especially among educated smallholder rice farmers who had access to fertilizer and belonged to cooperatives.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, dünyada çok boyutlu yoksulluğun en uç örneklerine sahip ülkelerden biri olan Nijerya'daki küçük çiftçi pirinç çiftçilerinin hane refahının sosyoekonomik ve kurumsal belirleyicilerini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem: 288 küçük ölçekli pirinç çiftçisini seçmek için çok aşamalı örnekleme teknikleri kullanıldı. Katılımcılardan birincil veriler yarı yapılandırılmış bir anket aracılığıyla toplanmıştır. Hedeflere ulaşmak için piyasa katılım endeksi ve sıradan en küçük kareler regresyonu modelleri kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin 0,73 pazar katılım endeksiyle yarı ticarileştiği ortaya çıktı. Hane reisinin eğitim düzeyi, hane büyüklüğü, gübreye erişim, pirinç üretimi, satılan pirinç miktarı, kooperatif üyeliği ve yerleşik bir pazara uzaklık, küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin refahının temel etkenleri olarak belirlendi.

Sonuç: Üretim piyasasına katılım, özellikle gübreye erişimi olan ve kooperatiflere üye olan eğitimli küçük ölçekli pirinç çiftçileri arasında, çiftlik geliri ve kişi başına tüketim harcamaları üzerinde olumlu etki yaptı.

Keywords: Commercialization, consumption expenditure, household welfare, smallholders, rice

Anahtar sözcükler: Ticarileştirme, tüketim harcamaları, hane refahı, küçük çiftçiler, pirinç

INTRODUCTION

Agricultural transformation anchored on smallholder commercialization is one of the potent ways of achieving economic welfare (Ouedraogo, 2019). Smallholder commercialization is underscored by the need to uplift rural incomes through a departure from prevalent semi-subsistence, low-input, low-productivity farming systems characterizing much of Sub-Saharan Africa (SSA) (Olwande et al., 2015; Anthony et al., 2021). Smallholders are farmers with a low asset base and operate less than two hectares of farmland; The International Fund for Agricultural Development (IFAD) (2011) defined smallholders as farmers with small landholdings and associated characteristics, including dependence mostly on household labour for production and low use of technology. The majority of the smallholder farmers are poor, food insecure and have limited access to markets (Otekunrin et al., 2019; FAO, 2015); they focus on a subsistence level of production in which they produce only for self-consumption (Abdullah et al., 2019). Smallholder farming, predominant in developing countries, not only plays a pivotal role in global food security (Abdullah et al., 2019) but also acts as a catalyst for stimulating economic growth and ensuring household welfare through poverty reduction, especially in SSA (Hoang, 2020). Currently, with over 550 million smallholder farms worldwide, supporting the livelihoods of over 2 billion people and contributing to over 80% of the food consumed in Asia and SSA (Lowder et al., 2021). However, with the increasing population and urbanization, globalization and the devastating effects of climate change, there is an urgent need for transformation in smallholder agriculture in the region (Abdullah et al., 2019). A viable strategy to achieve this transformation involves the adoption of market-oriented production practices over subsistence-level approaches, as proposed by Barrett et al. (2012), Chiemela et al. (2022) and Ukwuaba et al. (2024).

Agricultural commercialization, particularly smallholder transformation, has become an integral policy tool for reducing food insecurity, reduction in poverty, and employment creation in Africa (Aromolaran et al., 2020). The Nigerian government, recognizing the importance of commercialization, has implemented various schemes and policies aimed at increasing self-sufficiency and welfare for farmers, particularly through measures like import bans and tariffs, and improved access to fertilizers and seeds (Mani et al., 2019). Despite these efforts, the progress of smallholder commercialization in Nigeria has not met expectations.

The global demand for rice presents a significant opportunity for smallholder farmers to actively participate in the market. Increased allocation of resources toward the production of marketable commodities, especially rice, is anticipated to enhance market participation among smallholders. However, addressing the intertwined issues of productivity, market orientation, and market participation is crucial for realizing agricultural commercialization among smallholders (Martey et al., 2017). The nexus between market-oriented production and increased income for smallholder farmers is evident in studies by Camara (2017) and Hoq et al. (2021) emphasizing the significance of market-oriented smallholder farming in income generation and welfare improvement. Policymakers advocate for market-oriented production, with optimism that it could elevate household farm income, reduce poverty, and enhance rural food access (Ntakyio & van den Berg, 2019).

Rice, a major staple in Nigeria, has witnessed a surge in demand due to shifting consumer preferences, population growth, increased income levels, and rapid urbanization (Kamai et al., 2020). Over 60% of Nigeria's rice is produced by small-scale farmers, contributing significantly to employment and income, especially in rural areas (PricewaterhouseCoopers [PwC], 2020). However, despite the government's efforts to stimulate local production through initiatives like the Agricultural Transformation Agenda and anchor borrowers' program, the welfare impact on a large number of small-scale farmers remains limited due to market inefficiencies, poor remuneration, and farmers' inability to actively participate in the output market. Consequently, Ogundari (2016) poor farm-level analysis of market orientation and participation decisions among smallholders have been identified as a contributing factor (Ogundari, 2016).

Efforts to identify the factors influencing the household welfare of smallholder rice farmers in Southeast Nigeria have not received significant attention. Previous studies on smallholder commercialization, such as Olanrewaju et al. (2016), Mafimisebi & Ikuerowo (2018), Mani et al. (2019), Aromolaran et al. (2020), and Opata et al. (2020) centered on the determinants of market participation only, without exploring the drivers of the welfare of market participation. Though Awotide et al. (2013) examined the welfare effect of market participation among rural farming households in Nigeria, the Southeast was conspicuously omitted from the study. This study thus, seeks to fill this gap by analyzing the socio-economic determinants of smallholder rice farmers' welfare in Southeast Nigeria. In addition, most of the literature in Nigeria, especially in the Southeast region, such as Onubuogu & Onyeneke (2012), Ukeje et al. (2017) and Okoye et al. (2019) has largely been on root and tuber crops. However, few studies on market orientation and participation were carried out on cereal crops in Nigeria such as Mafimisebi & Ikuerowo (2018) and Mani et al. (2019). To the knowledge of the researcher, the driver of the welfare of smallholder rice farmers, especially in Southeast Nigeria, has not been explored. Thus, this work tends to fill the gap. The study aims to determine the degree of market participation among smallholder rice farmers and to evaluate the socio-economic and institutional drivers of household welfare of smallholder rice farming households in Southeast Nigeria.

MATERIALS and METHODS

The study was conducted in the Southeast region of Nigeria, comprising five states: Abia, Anambra, Ebonyi, Enugu and Imo (Figure 1). The southeast is situated between Latitude 4° 30' and 7° 00' North and Longitude 5° 30' and 9° 30' East. The land area of about 28,987km² (2,898,700 ha) (National Bureau of Statistics, 2010) with an estimated population of 24,067,008 million people (Worldometer, 2021), and spread across 95 local government areas (LGAs) with 19 agricultural zones. The predominant soil type in the area is sandy loam, and the climate is characterized by rainy and dry seasons (Okere, 2020). Smallholder agriculture dominates the major economic activities, especially in rural areas. Rice is one of the most valuable staple foods cultivated and marketed in the study area, especially the popular Abakiliki and Adani rice. It is mainly grown at the subsistence level, though a few farmers operate at the commercial level.

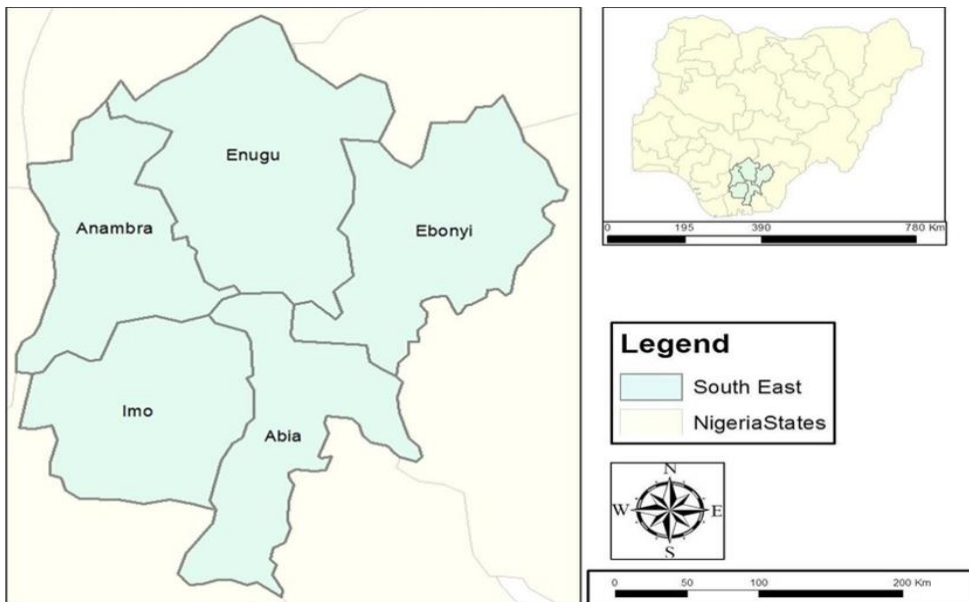


Figure 1. Map of Southeast Nigeria.

Şekil 1. Güneydoğu Nijerya haritası

A multistage sampling technique was used in the selection of the respondents. In stage one, Anambra, Ebonyi and Enugu states were purposively selected based on the high concentration of rice farmers (Mba et al., 2021). In stage two, three agricultural zones were purposively selected from each of the states selected based on the preponderance of rice farming in the areas. In stage three, three LGAs (Anambra state: Ayamelum, Ogbaru, and Orumba; Ebonyi State: Ezza, Ikwo, and Izzi and Enugu State: Awgu, Isi-Uzo, and Uzo-Uwani) where rice is mostly produced in the study area were purposively selected from each state. Stage four involved a purposive selection of three communities from each of the nine LGAs selected based on a large number of rice farming households. Finally, a proportionate random sampling technique was used to select a sample of 288 respondents, comprising 84, 108, and 96 smallholder rice farmers from Anambra, Ebonyi, and Enugu states respectively, using Yamane's (1967) formula at a 95% confidence level with a precision level of 7% to estimate the true population. The formula is stated as follows: $n = N/1+N(e^2)$. Where n = sample size, N = total population (number of smallholder rice farmers), and e = level of precision or error margin allowed (7%). A list of rice farming households, obtained from ADP offices in the three states, served as the sampling frame. Primary data, collected with the aid of a semi-structured questionnaire, personal observations/interviews and focus group discussion from respondents were used in the study. The market participation index and Heckman's two-stage model were used to realize the objectives.

Market participation index

The household crop output market participation index was computed as the proportion of the value of rice sold to the total value of rice produced. It was expressed mathematically as follows:

$$\frac{\sum_{k=1}^k \bar{P}_K S_{ik}}{\sum_{k=1}^k \bar{P}_K Q_{ik}} \quad (1)$$

Where S_{ik} denotes the quantity of rice (k) sold in the market by household i , \bar{P}_k represents mean community level price, while Q_{ik} denotes the total quantity of rice k A produced by household i . The index values of 0 indicate a high subsistence orientation while that of 1 is an indication of a high commercial-oriented smallholder rice farmer.

Ordinary least square regression

The OLS regression was employed in the estimation of factors influencing the household welfare of smallholder rice farmers who participated in the rice market. The household welfare was proxied by per capita consumption expenditure and was regressed against some socio-economic and institutional independent variables. Based on the nature of the data, the linear, semi-log and double-log forms of OLS were used to test for the best estimates. The OLS regression model was specified as follows:

Linear function

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \beta_{14} X_{14} + \beta_{15} X_{15} + \beta_{16} X_{16} + e \quad (2)$$

Semi-log function

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \beta_3 \log X_3 + \beta_4 \log X_4 + \beta_5 \log X_5 + \beta_6 \log X_6 + \beta_7 \log X_7 + \beta_8 \log X_8 + \beta_9 \log X_9 + \beta_{10} \log X_{10} + \beta_{11} \log X_{11} + \beta_{12} \log X_{12} + \beta_{13} \log X_{13} + \beta_{14} \log X_{14} + \beta_{15} \log X_{15} + \beta_{16} \log X_{16} + e \quad (3)$$

Double-log function

$$\log Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \beta_3 \log X_3 + \beta_4 \log X_4 + \beta_5 \log X_5 + \beta_6 \log X_6 + \beta_7 \log X_7 + \beta_8 \log X_8 + \beta_9 \log X_9 + \beta_{10} \log X_{10} + \beta_{11} \log X_{11} + \beta_{12} \log X_{12} + \beta_{13} \log X_{13} + \beta_{14} \log X_{14} + \beta_{15} \log X_{15} + \beta_{16} \log X_{16} + e \quad (4)$$

Where:

Y = Per capita consumption expenditure

β_0 = intercept of Y

X1 = Age (years)

X2 = Education (Years spent in Education)

X3 = Household size

X4 = Access to fertilizer (Access =1, Otherwise, 0)

X5 = Access to Extension (Access =1, Otherwise, 0)

X6 = Access to Credit (Access =1, Otherwise, 0)

X7 = Distance to established Market (km)

X8 = Size of rice farm (Ha)

X9 = Distance to Asphalted Road (Km)

X10 = Rice yield (kg)

X11 = Market Information (Access =1, Otherwise 0)

X12 = Off-farm Income (Naira)

X13 = Income from Rice (Naira)

X14 = Quantity of rice sold (Kg)

X15 = Ownership of transport facility (Ownership = Yes, otherwise, 0)

X16 = Cooperative Membership (Access =1, otherwise, 0)

e = Error term

RESULTS and DISCUSSION

Market participation index

The result of market participation by smallholder rice farmers in the study area shows that the total rice produced by the respondents in the 2022 farming season was 233,615 kg; with 2,500 and 150 kg being the maximum and minimum production, respectively (Table 1). The Table also indicates that out of the 233,615 kg of rice produced, 170,342 kg were sold in the market. The maximum quantity of rice sold was 2,100.1 kg while the minimum sold was 25 kg. The result in Table 1 further showed a mean market-participation index of 0.73 among smallholder rice farmers in the study area. The result implies that on average, 73% of the total rice produced was sold to the market by smallholder rice farmers in southeast, Nigeria. The result suggests that smallholder rice farmers in southeast Nigeria were semi-commercialized as the quantity of rice sold was far greater than the quantity consumed and/or gifted to friends, neighbors and relations. This could be attributed to the increased market-oriented production through the allocation of more farmland to rice production, as well as increased use of purchased inputs among the smallholder rice farmers in southeast Nigeria. Thus, the majority of the smallholder rice farmers in the study area participated in the market; therefore, high transactional costs due to poor infrastructure and weak institutions were not strong enough to hinder smallholders' access to the output market.

The result is consistent with Aromolaran et al. (2020) which reported a moderate market participation index of 0.46 among smallholder rice farmers in Ogun and Kaduna states, Nigeria. The result also agrees

with Kondo (2018), Ochieng and Hepelwa (2018), Mekie et al. (2019), Ogundele (2020) and Ayele et al. (2021), which found the smallholder cereal farmer's level of market participation indices to be moderately commercialized or semi-commercialized with market participation indices of 0.48, 0.66, 0.57, 0.52, and 0.53, respectively. However, the result disagrees with Mpombo (2018) which reported a low market participation index of 0.27 among smallholder rice farmers in Tanzania. The result is also at variance with Ayele et al. (2018), Abate et al. (2021) and Manda et al. (2021) which reported low market participation indices of 0.10, 0.20 and 0.39, respectively.

Table 1. Market participation index of the respondents

Çizelge 1. Katılımcıların pazar katılım endeksi

Indicators (Kg)	Total	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Index
Quantity of Rice Produced	233615.00	150.00	2500.00	811.16	455.86	
Quantity of Rice Sold	170342.00	25.00	2100.00	591.47	437.01	
Total Quantity of Rice Consumed	43065.00	50.00	450.00	149.53	80.56	
Total Quantity of Rice Gifted	20283.00	0.00	250.00	70.43	49.33	
Market Participation Index						0.73

Field Survey, 2023

Socio-economic and institutional determinants of smallholder rice farmers' welfare

The result of the Ordinary Least Square regression model of factors influencing smallholder rice farmers' welfare is presented in Table 2. The per capita consumption expenditure was proxied for household welfare and was regressed against some explanatory variables. The double log form was chosen as the best-fit equation as it has a better diagnostic test statistic than the other two functional forms. Specifically, the double log form has the highest number of significant variables that are consistent with the apriori expectations; the highest coefficient of multiple determination (R^2) and significant Fischer's value, as well as the lowest mean squared error of regression. The F-statistic value of 15.6 was significant at a 1% ($p > 0.01$) level of probability; this indicates that the data were suitable for the model and fit the model and that the specified variables adequately accounted for the variations in household welfare. The coefficient of determination (R^2) value of 0.576 suggests that about 57.6% of variations in the household welfare of the smallholder rice farmers in Southeast Nigeria were explained by the independent variables specified in the model.

The coefficient of education (0.024) was positive and significant at a 1% ($p > 0.01$) level of probability. The result is consistent with the apriori expectation and implies that the welfare of a smallholder rice farming household increases with the increasing level of education of the household head. Specifically, a unit increase in education will lead to a 0.024 rise in household welfare. Smallholder farmers are often confronted with challenges of low income, agricultural productivity, food security, and standard of living. However, education can be instrumental in improving the household welfare of smallholder rice farmers. With improved education, a smallholder rice farmer can easily understand market dynamics and strategies with which the farmer can access better markets and negotiate better prices for the farm produce. Education also promotes the adoption of modern farming technologies capable of increasing productivity, higher yields and increased income. The increased income will impact positively on food security, improved standard of living and general household welfare. The result corroborates the findings of Amankwah and Quagraine (2018), Purnamadewi & Firdaus (2018), Issahaku & Abdulai (2020), Mukaila et al. (2021), Oduniyi & Tekana (2021).

Table 2. Ordinary least square result of the socio-economic and institutional factors influencing smallholder rice framers' welfare**Çizelge 2.** Küçük çiftçi pirinç üreticilerinin refahını etkileyen sosyo-ekonomik ve kurumsal faktörlerin alışılmış en küçük kareler sonucu

Variables	Linear	Semi-Log	Double-Log
Age	299.720 (0.343)	4.827*** (41.448)	0.080 (0.557)
Education	13192.391*** (8.949)	0.001 (0.605)	0.024*** (11.180)
Household size	-13321.271*** (-3.833)	0.024*** (10.753)	-0.018*** (-3.403)
Fertilizer Access	157710.785*** (3.176)	-0.019*** (-3.619)	0.288*** (3.712)
Extension Access	-4545.741 (-0.333)	0.280*** (3.786)	-0.008 (-0.412)
Credit Access	9349.729 (0.517)	-0.010 (-0.493)	0.005 (0.197)
Distance to Established Market	-1095.382 (-1.404)	0.005 (0.192)	-0.002** (-1.913)
Size of rice farmland	23392.279* (1.663)	-0.002** (-2.002)	0.022 (1.003)
Distance to asphalted road	1071.344 (0.291)	0.034 (1.632)	0.003 (0.470)
Rice yield	-185.109** (-2.035)	0.002 (0.374)	0.612*** (2.619)
Market Information Access	6761.581 (0.305)	0.000*** (-2.490)	0.016 (0.469)
Off-farm income	26499.593 (0.952)	0.012 (0.349)	0.042 (1.041)
Farm Income	0.042 (0.448)	0.049 (1.179)	0.040 (0.219)
Quantity of rice Sold	197.351** (2.024)	5.659E-8 (0.401)	0.573*** (2.936)
Ownership of Transport facility	-9270.403 (-0.548)	0.000*** (2.611)	0.006 (0.243)
Cooperative Membership	42153.971** (2.352)	0.002 (0.095)	0.048* (1.820)
(Constant)	-28262.482 (-0.362)	0.045* (1.677)	4.674*** (9.020)
R-Squared	0.511	0.567	0.576
Adjusted R-Squared	0.468	0.529	0.539
S.E of Regression	84296	0.12565	0.12424
F-Statistic	12.003	15.040	15.644
Sig.	0.000	0.000	0.000

Source: Field Survey, 2023 ***,**,* 1%,5% & 10% significance, respectively + Lead Equation

The coefficient of household size (-0.018) was negative and significant at a 1% ($p > 0.01$) probability level. The result is in tandem with the apriori expectation and implies that the welfare of smallholder rice farming households decreases with increasing household size in the study area. Large family size is a strain on the household income; with a large household size, there is increased competition for limited household resources. This can lead to lower per capita income and reduced access to education, healthcare, and other essential services; and as a consequence, limits their ability to access better employment opportunities and improve their standard of living. The result disagrees with that of Ochieng and Hepelwa (2018) and Hoq et al. (2021) that the number of household members positively impacted

the household per capita consumption expenditure of smallholder farmers in Bangladesh and Tanzania, respectively.

Access to fertilizer (0.288) was positive and significant at a 1% ($p < 0.01$) risk level. The sign of the coefficient of the variable conforms with the a priori expectation and the result suggests that a unit increase in access to fertilizer increases household welfare by 0.288 units. Little or no access to fertilizer is a major obstacle to smallholder commercialization in developing countries; it impacts negatively on crop production and consequently reduces the quantity and quality of rice available for the market. However, smallholder farmers with improved access to inorganic fertilizers have better rice outputs and thus, earn higher farm income which translates to an improved standard of living. The result affirms Habtemariam et al. (2019) that the adoption of fertilizer improves net farm income and reduces food insecurity and poverty reduction.

The distance to an established market (-0.002) was also found to be negative and significant at a 5% ($p < 0.05$) level of probability. The result indicates that an indirect relationship exists between household welfare and distance to an established and competitive market. The result also shows that for every one-unit increment in the distance to an established and competitive market, the household welfare decreases by 0.002 units. The farther a smallholder farm is from a market, the higher the transportation costs. Transporting agricultural products over long distances reduces the profit margins for farmers. The bad road network also adds to the increasing transaction cost and impacts negatively on the farm income and household consumption expenditure of the smallholder rice farmers. The result is similar to Kyaw et al. (2018) and Aromolaran et al. (2020).

The quantity of rice produced or rice yield (0.612) was positive and significant at a 1% ($p < 0.01$) risk level. The result connotes a direct relationship between the rice produced by smallholder rice farmers and household welfare. The result suggests that as the quantity of rice produced by smallholder farmers' increases, the household per capita consumption expenditure rises. Specifically, a unit increase in the quantity of rice output leads to an increase in the household welfare of smallholder rice farmers by 0.612 units. Increased output from smallholder farmers creates a ripple effect such as improved market engagement, income generation, economies of scale and access to credit, among others. Specifically, with increased production, farmers can generate more income. The additional income can be reinvested in the farm and improving the farming practice, leading to the adoption of improved technologies, and enhanced standard of living among the smallholder rice farmers in the study area. Also, higher productivity and higher income increase the creditworthiness of smallholder farmers and, this further enhances their access to more credit. The improved access to credit also enhances smallholder commercialization, poverty reduction and improved standard of living. The result aligns with Abdullah et al. (2019) which observed that rice output was among the important factors that positively influenced the welfare of smallholder rice farmers in Pakistan. The quantity of rice sold (0.573) was positively significant at a 1% ($p < 0.01$) level of probability. The result indicates the existence of a direct relationship between household welfare and the quantity of rice sold. The result suggests that the more a smallholder farmer participates in an output market, the more the welfare of the household is enhanced. Furthermore, the OLS result indicates that a unit increase in the quantity of rice sold leads to a 0.573 unit increase in the welfare of smallholder rice farmers. Poverty is often linked to insufficient income, and by increased market involvement, smallholder farmers can improve their standard of living. Thus, higher quantities of rice sold contribute to poverty reduction among smallholder farmers. With increased income due to increased market participation, household basic needs are easily met. Therefore, market participation provides a financial cushion and improves the overall economic well-being of smallholder farmers. The result is similar to the findings of Camara (2017), Ochieng and Hepelwa (2018), Abdullah et al. (2019) and Ogutu et al. (2020).

Cooperative membership (0.048) was positive and significant at a 10% ($p < 0.1$) risk level. The result suggests the existence of a direct relationship between cooperative membership and the household welfare of smallholder rice farmers in southeast Nigeria. The result is not surprising as cooperatives often provide smallholder farmers with improved access to markets by establishing direct links with buyers, reducing the dependence on middlemen and ensuring fairer prices for smallholder farmers. Cooperative membership also enhances smallholder farmers' bargaining power, access to resources, and ability to manage risks collectively. This, in turn, positively impacts household welfare by reducing production costs and improving income and poverty reduction. This result corroborates the studies by Cafer & Rikoon (2018), Hao et al. (2018), Sellare et al. (2020) and Sarkar et al. (2022) which identified cooperatives as a major tool for achieving and ensuring improved living conditions for smallholder farmers.

CONCLUSION

Smallholder commercialization is a vital strategy for transforming the agricultural sector and promoting economic growth in developing countries. By transitioning from subsistence to commercial farming, smallholders can increase their incomes, improve their livelihoods, and contribute to national food security. The commercialization efforts of smallholder rice farmers in Southeast Nigeria have not been fully optimized; however, the efforts are beginning to yield the desirable outcome. The farmers have gradually shifted from the traditional subsistence system to semi-commercialization despite the challenging environment. Engagement in the output market impacted positively on the farm income and per capita consumption expenditure which translates to household welfare. The educational status of the household head, access to fertilizer, the quantity of rice produced and sold as well as membership of cooperatives were the major socio-economic and institutional factors impacting positively on the household welfare of smallholder rice farmers. However, the level of household welfare of the farmers was limited by the distance to an established market and large household size in southeast Nigeria. Therefore, any policy aimed at improving the standard of living and poverty reduction among smallholder farmers must be anchored on these key factors. The push factors, such as support systems and incentives, need to be strengthened, while the pull factors, like challenges and barriers, should be mitigated or minimized. Targeted policies, programs, and investments can help enhance their access to markets and market information, inputs, credit, and technology. In addition, access to training and capacity building, as well as infrastructure and logistics, are crucial. Thus, by supporting smallholders' transition to commercial farming, governments and stakeholders can unlock the full potential of the agricultural sector and promote a more food-secure, prosperous, and resilient future. Besides government intervention, smallholder rice farmers should form cooperatives to enhance the bargaining power of smallholder farmers in the market. The cooperative should also facilitate the establishment of direct market linkages between smallholder farmers and buyers, processors, or retailers to enhance participation in the market and turn, increase the household welfare. Collectively, these stakeholders can create a robust ecosystem that supports smallholder commercialization, and economic growth, ultimately reducing poverty and improving livelihoods in southeast, Nigeria.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: ICU, CJA, BCO; sample collection: ICU, CJA, BCO; analysis and interpretation of data: ICU, CJA, BCO; statistical analysis: ICU, CJA, BCO; visualization: ICU, CJA, BCO; writing manuscript: ICU, CJA, BCO.

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 University of Nigeria Nsukka, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics with document number dated February 12, 2024.

Financial Support

This study was not financially supported.

Article Description

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

REFERENCES

- Abate, D., F. Mitiku & R. Negash, 2021. Commercialization level and determinants of market participation of smallholder wheat farmers in northern Ethiopia. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 12 (2): 1-12. <https://doi.org/10.1080/20421338.2020.1844854>
- Abdullah, R. F., R. Ahamad, S. Ali, A. A. Chandio, W. Ahmad, A. Ilyas & I. U. Din, 2019. Determinants of commercialization and its impact on the welfare of smallholder rice farmers by using Heckman's two-stage approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (2): 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.06.001>
- Amankwah, A. & K.K. Quagraine, 2018. Aquaculture feed technology adoption and smallholder household welfare in Ghana. *Journal of the World Aquaculture Society*, 9 (2): 1-15. <https://doi.org/10.1111/jwas.12544>
- Anthony, L., O.O. Alabi, E.S. Ebukiba & V. Gamba, 2021. Factors influencing output of rice produced and choice of marketing outlets among smallholder farming households, Abuja, Nigeria. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37 (1): 262-277. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.1.262.277>
- Aromolaran, A. B., M. Muyanga, T. Jayne, A.E. Obayelu, T. Awokuse, O.O. Ogunmola & F.O. Issa, 2020. Drivers of market-oriented land use decisions among farm households in Nigeria (No. 46; APRA Working Paper, Issue November). 38 pp. <https://doi.org/10.19088/APRA.2020.012>
- Awotide, B. A., A. Diagne & T.T. Awoyemi, 2013. "Agricultural technology adoption, market participation and rural farming households' welfare in Nigeria, 1-22". In: 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists, September 22-25, 2013, 220 pp.
- Ayele, T., D. Goshme & H. Tamiru, 2021. Determinants of cereal crops commercialization among smallholder farmers in Guji Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 7 (1): 1-18. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1948249>
- Ayele, T., B. Tegegne & L. Zemedu, 2018. Analysis of market decisions and intensity of market participation of smallholder wheat farmers in Adola Rede district of Oromia regional state, Ethiopia. 4 (8): 1-11. <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0408001>
- Barrett, C. B., M.E. Bachke, M.F. Bellemare, H.C. Michelson, S. Narayanan, T.F. Walker & T.W. Bank, 2012. Smallholder participation in contract farming: comparative evidence from five countries. *World Development*, 40 (4): 715-730. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.09.006>
- Cafer, A. M. & J.S. Rikoon, 2018. Adoption of new technologies by smallholder farmers: the contributions of extension, research institutes, cooperatives, and access to cash for improving tef production in Ethiopia. *Agriculture and Human Values*, 35 (3): 685-699. <https://doi.org/10.1007/s10460-018-9865-5>
- Camara, A., 2017. An analysis of welfare effect of market participation of smallholder farm households in Guinea. *The Economic Research Guardian*, 7 (1): 2-23.
- Chiemela, C., R. Mukaila, I. Ukwuaba & A. Obetta, 2022. Economics analysis of the use of modern and traditional methods in honey production among farmers in Enugu State Nigeria. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59 (4): 611-619. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1162027>
- Food and Agriculture Organization of the United, 2015. The economic lives of smallholder farmers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, 39 pp.
- Habtemariam, L. T., C.P. Mgeni, K.D. Mutabazi & S. Sieber, 2019. The farm income and food security implications of adopting fertilizer micro-dosing and tied-ridge technologies under semi-arid environments in central Tanzania. *Journal of Arid Environments*, 16: 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.011>

- Hao, J., J. Bijman, C. Gardebroek, N. Heerink, W. Heijman & X. Huo, 2018. Cooperative membership and farmers' choice of marketing channels - Evidence from apple farmers in Shaanxi and Shandong Provinces, China. *Food Policy*, 74: 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.11.004>
- Hoang, H. G., 2020. Determinants of the adoption of mobile phones for fruit marketing by Vietnamese farmers. *World Development Perspectives*, 17 (1): 100178. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100178>
- Hoq, M. S., M.T. Uddin, S.K. Raha & M.I. Hossain, 2021. Welfare impact of market participation: The case of rice farmers from wetland ecosystem in Bangladesh. *Environmental Challenges*, 5 (6): 100292. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100292>
- International Fund for Agricultural Development (IFAD), 2011. Rural Poverty Report 2011: New realities, new challenges: new opportunities for tomorrow's generation. Quintily, Rome, 322 pp.
- Issahaku, A. & A. Abdulai, 2020. Household welfare implications of sustainable land management practices among smallholder farmers in Ghana, *Land Use Policy*, 94:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104502>.
- Kamai, N., L.O. Omoigui, A.Y. Kamara & F. Ekeleme, 2020. Guide to rice production in Northern Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Ibadan, 22 pp.
- Kondo, E. 2018 Market Participation Intensity Effect on Productivity of Smallholder Cowpea Farmers: Evidence from The Northern Region of Ghana. *Review of Agricultural and Applied Economics*, 22 (1): 14-23. <https://doi.org/10.15414/raae.2019.22.01.14-23>
- Kyaw, N. N., S. Ahn & S.H. Lee, 2018. Analysis of the factors influencing market participation among smallholder rice farmers in Magway Region, Central Dry Zone of Myanmar. *Sustainability*, 10 (12): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10124441>
- Lowder, S. K., M.V. Sánchez & R. Bertini, 2021. Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142: 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
- Mafimisebi, T. E & J.O. Ikuero, 2018. Factors affecting market participation by smallholder local rice farmers in southwest, Nigeria. 7 (10): 2551-2569.
- Manda, J., C. Azzarri, S. Feleke, B. Kotu, L. Claessens & M.Bekunda, 2021. Welfare impacts of smallholder farmers' participation in multiple output markets: Empirical evidence from Tanzania. *PLoS ONE*, 16 (5): 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250848>
- Mani, J. R., Z. Abdussalam, M.A. Damisa, M. Yusuf & N.J. Suleiman, 2019. "Analysis of smallholder maize market participation in Kaduna State, Nigeria, 5 -16. In: 6th African Conference on Agricultural Economists: Rising to Meet New Challenges: Africa's Agricultural Development Beyond 2020 Vision, 120 pp.
- Martey, E., P.M. Etwire, A.N. Wiredu & B.D.K. Ahiabor, 2017. Establishing the link between market orientation and agricultural commercialization: Empirical evidence from Northern Ghana. *Food Security*, 9 (4): 849-866. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0688-9>
- Mba, C. L., A. Madu & A.E. Obetta, 2021. Patterns of rice production and yields in southeastern, Nigeria. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 21 (6): 18330-18348. <https://doi.org/10.18697/ajfand.102.2010518330>
- Mekie, T. M., G. Desalegn, A.B. Dessie & T.M. Abate, 2019. Market orientation and market participation of smallholder barely producers in North Gondar Zone: Implications for commercial transformation. *African Journal of Agricultural Research*, 13 (1): 1-13. <https://doi.org/10.5897/AJARxx.xx>
- Mpombo, L. B., 2018. Determinants of Market Participation Among Smallholder Rice Farmers in Tanzania. University of Dar es Salaam, Department of Agricultural Economics, (Unpublished) MSc Dissertation Tanzania-93 pp.
- Mukaila, R., A. Falola, A & L.O. Egwue, 2021. Income diversification and drivers of rural smallholder farmers' income in Enugu state Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21 (3): 585 -592.
- National Bureau of Statistics, 2010. Nigeria Annual Abstract of Statistics. National Bureau of Statistics, Abuja, 266 pp.
- Ntakyo, P. R. & M. van den Berg, 2019. Effect of market production on rural household food consumption: evidence from Uganda. *Food Security*, 11 (5): 1051-1070. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00959-2>
- Ochieng, N. & A. Hepelwa, 2018. Effects of small-scale agricultural crop commercialisation on rural household welfare in Tanzania: a case study of Liwale District, Lindi Region. *International Journal of Agricultural Economics*, 3 (5): 103-111. <https://doi.org/10.11648/j.ijae.20180305.12>

- Oduniyi, O. S. & S.S.Tekana, 2021. The Impact of sustainable land management practices on household welfare and determinants among smallholder maize farmers in South Africa. *Land*, 10 (5): 508. MDPI AG. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.3390/land10050508>
- Ogundari, K., 2016. Maize supply response to price and nonprice determinants in Nigeria: bounds testing approach. *International Transactions in Operational Research*, 25 (5): 1537-1551. <https://doi.org/10.1111/itor.12284>
- Ogundele, F., 2020. Factors influencing output commercialisation among small-scale farmers in Nigeria. *African Journal of Agricultural Marketing*, 8 (10): 1-9.
- Ogutu, S.O., T. Geodecke & M. Qaim, 2020. Agricultural commercialization and nutrition in Smallholder farm households. *Journal of Agricultural Economics*, 71 (2): 534-555. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12359>
- Okere, R.A., 2020. Analysis of the Productivity, Profitability and Welfare Effects of Household Oil Palm Investment in Southeast, Nigeria. University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, (Unpublished) PhD Thesis, Nsukka, 143 pp.
- Okoye, A. C., J.A. Mbanasor & B.C. Okoye, 2019. Market-oriented or not: a gender situation analyses of smallholder sweet potato farmers in South-East. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 10 (1): 87-100.
- Olanrewaju, E. C., K.O. Adenegan & O.O. Alawode, 2016. Assessment of crop commercialisation among smallholder farming households in Southwest Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2 (6): 478-486.
- Olwande, J., M. Smale, M.K. Mathenge, F. Place & D. Mithöfer, 2015. Agricultural marketing by smallholders in Kenya: A comparison of maize, kale and dairy. *Food Policy*, 52 (1): 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.02.002>
- Onubuogu, G.C. & R.U. Onyeneke, 2012. Market orientation of root and tuber crops production in Imo State, Nigeria. *Agricultural Science Research Journals*, 2 (5): 206-216.
- Opata, P. I., A.B. Ezeibe & N.R. Arua, 2020. Drivers of farmers market participation in southeast Nigeria. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 121 (2): 207-217. <https://doi.org/10.17170/kobra-202010191969>
- Otekunrin, O. A., S. Momoh & I.A. Ayinde, 2019. Smallholder farmers' market participation: concepts and methodological approach from Sub-Saharan Africa. *Current Agriculture Research Journal*, 7 (2): 139-157. <https://doi.org/10.12944/cari.7.2.02>
- Ouedraogo, S. A., 2019. Smallholders' agricultural commercialisation, food crop yield and poverty reduction: Evidence from rural Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 14 (1): 28-41.
- Price Water Coopers (PWC), 2020. Boosting rice production through increased mechanisation. (Web page. <https://www.pwc.com/ng/en/publications/boosting-rice-production-through-increased-mechanisation.html>) (Date accessed:24 November, 2023)
- Purnamadewi, Y.L & M. Firdaus, 2018. "Analysis of income determinants among households in the upland shallot production centre in Malang district, Indonesia, 68-78". 2nd International Conference on Food and Agricultural Economics, (April), Turkey: Alanya Alaaddin Keykubat University, Turkey, 100 pp.
- Sarkar, A., H. Wang, A. Rahman, L. Qian & W.H. Memon, 2022. Evaluating the roles of the farmer's cooperative for fostering environmentally friendly production technologies case of kiwi-fruit farmers in Meixian, China. *Journal of Environmental Management*, 301: 113858. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113858>
- Sellare, J., E. Meemken, C. Kouamé & M. Qaim, 2020. Do sustainability standards benefit smallholder farmers also when accounting for cooperative effects? Evidence from Côte d'Ivoire. *American Journal of Agricultural Economics*, 102 (2): 681-695. Portico. <https://doi.org/10.1002/ajae.12015>
- Ukeje, B. A., M.C.Ogbonna, I.I. Okonkwo & C. Adiele-Ezekiel, 2017. Determinants of market orientation among cassava producers in Abia state, Nigeria. *Nigeria Agricultural Journal*, 48 (1): 214-223.
- Ukwuaba, I.C., C.J. Arene, C.B. Okpukpara, E. E. Omeje, C.N. Onyekwe, V. Okpukpara, O.G. Onah & T.J. Offorma, 2024. Unpacking the Drivers of Market Orientation: Evidence from Smallholder Rice Farming Households in Southeast Nigeria. *Ianna Journal of Interdisciplinary Studies*, 6 (1): 16-32.
- Worldometer, 2021. Nigeria Population (Live). (Web page: <https://www.worldometers.info/world-population/nigeria-population/>) (Date accessed: 21 February 2024).
- Yamane, T., 1967. *Statistics: An introductory Analysis*. (2nd ed.), New York: Harper and Row, 919 pp.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):425-436

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1476142>

Serhan KAYA¹

Semih AÇIKBAŞ^{2*}

¹ Siirt University Faculty of Agriculture,
Department of Plant Protection, Siirt,
Türkiye

² Siirt University Faculty of Agriculture,
Department of Field Crops, Siirt, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

semihacikbas@siirt.edu.tr

Determination of germination and seedling characteristics of common grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes under salt stress

Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tuz stresi altında çimlenme ve fide özelliklerinin belirlenmesi

Received (Alınış): 30.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: In this study, the aim was to determine the germination and seedling development responses of common grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes under salt stress and to identify genotypes sensitive or tolerant to salinity.

Materials and Methods: The research was conducted at the Field Crops Laboratory of the Faculty of Agriculture, Siirt University, under controlled conditions at 25±1°C. The plant material of the study consists of 2 cultivars and 8 genotypes. The study investigated the doses of NaCl at 0, 50, 100, 150, and 200 mM. The laboratory experiment was conducted by a completely randomized factorial design with four replications.

Results: The increase in salt levels significantly ($p<0.01$) affected the germination and seedling characteristics of grasspea genotypes. It was determined that common grasspea genotypes were significantly affected by increasing salt concentrations with regard to germination parameters starting from the 50 mM salt dose. Regarding seedling parameters, grasspea genotypes were affected by salt concentrations beyond 50 mM in relation to seedling length and seedling dry weight, while other seedling parameters were negatively impacted even at the lowest salt dose.

Conclusion: When all examined parameters were considered together, the Sel 668 genotype stood out for its tolerance to salinity and its performance in germination and seedling development.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tuz stresi altında çimlenme ve fide gelişim tepkilerinin belirlenmesi ve tuzluluğa hassas ya da tolerant genotiplerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırma, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda, 25±1°C kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmanın bitkisel materyali 2 çeşit ve 8 genotipten oluşmaktadır. Çalışmada; tuzun (NaCl) 0, 50, 100, 150 ve 200 mM dozları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Laboratuvar deneyi tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Araştırma Bulguları: Tuz seviyesindeki artış, mürdümük genotiplerinin çimlenme ve fide özelliklerini çok önemli ($p<0.01$) derecede etkilemiştir. Yaygın mürdümük genotiplerinin artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme parametreleri açısından 50 mM tuz dozundan itibaren anlamlı olarak etkilendiği belirlenmiştir. Fide parametrelerinde ise fide uzunluğu ve fide kuru ağırlığı bakımından 50 mM tuz konsantrasyonundan sonra mürdümük genotipleri etkilenirken, diğer fide parametrelerinin ise kontrolden itibaren en düşük tuz dozunda bile olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir.

Sonuç: Tüm incelenen parametreler birlikte değerlendirildiğinde ise Sel 668 genotipi tuzluluğu dayanıklılığı ve çimlenme ve fide gelişimi açısından ön plana çıkmıştır.

Keywords: Germination percentage, grasspea, salinity, seedling length, seedling vigor index

Anahtar sözcükler: Çimlenme yüzdesi, mürdümük, tuzluluk, fide uzunluğu, fide güç indeksi

INTRODUCTION

Common grasspea (*Lathyrus sativus* L.), which belongs to the Leguminosae family, is an annual legume species of significant economic importance, particularly in developing countries such as India, Bangladesh, Pakistan, Nepal, and Ethiopia, where it is used for both human and animal nutrition (Kumar & Tripathi, 2008; Ahmadi et al., 2015; Xu et al., 2018; Lambein et al., 2019). The grasspea plant is known for containing 65% carbohydrates and 18-34% protein on a dry weight basis, making it recognized as a protein source (Feyzi et al., 2018). It also contains significant amounts of minerals such as phosphorus, magnesium, and calcium (Arshad et al., 2023). Due to its abundant nutrient content and unique characteristics such as low water demand, grasspea is considered a wonderful option for sustainable food production, especially in coping with environmental challenges such as climate change, flooding, and pest diseases, and with the increasing demand for eco-friendly protein sources (Gonçalves et al., 2022).

Climate change and global warming are seen as triggers for significant problems such as drought and soil salinity (Özyazıcı & Açıkbaz, 2021). The stress conditions resulting from climate change affect agriculture differently depending on the regions and agricultural products (Anderson et al., 2020). One of the most significant stress factors that plants encounter throughout their life is salt stress (Omidi et al., 2022). Salinity, especially in arid and semi-arid regions, is one of the most determining environmental stress factors limiting crop productivity (Zörb et al., 2019). In addition to the provided information, salinity adversely affects soil microbial diversity, enzymatic activities, and consequently, carbon and nitrogen dynamics, as well as greenhouse gas emissions from the soil (Fagodiya et al., 2022). Salinity induces various physiological, morphological, and biochemical changes in plant growth and development, affecting processes such as photosynthesis, protein synthesis, lipid metabolism, and energy production (Parida & Das, 2005; Munns & Tester, 2008). Especially during seed germination and early seedling growth stages, which are critical stages for plant development, seed germination phase is the most sensitive period for plants to salinity (Acikbas et al., 2021).

It is important to detect genetic variations for identifying the genotypes that are most tolerant to salinity. Additionally, determining the response of plants to salinity during germination and seedling stages is crucial for achieving optimal yields in salinity-affected areas (Özyazıcı & Açıkbaz, 2021). Salt damage is not only depending on the growth stage, environmental factors, and the structure of salts but also significantly influenced by plant species and variety, as well as the amount of salt (Açıkbaz et al., 2023). In general, *L. sativus* is resilient to environmental stresses and can yield well even under adverse climatic conditions (Cocks et al., 2000). Moreover, it is highly tolerant to negative environmental factors such as periodic flooding, low temperatures, soil salinity, and most importantly, prolonged drought (Tokarz et al., 2020). One of the key ways to cope with this issue is through the cultivation of plants tolerant to salinity, especially considering that both our soils and irrigation waters are becoming increasingly saline due to the impact of global climate change.

The aim of this study is to determine the germination and seedling growth responses of common grasspea (*L. sativus* L.) genotypes under salt stress conditions and to identify sensitive or tolerant genotypes to salinity.

MATERIALS and METHODS

Materials

The research was conducted at the Field Crops Department Laboratory of Siirt University (Türkiye), Faculty of Agriculture (37°58'13.20"N - 41°50'43.80"E). In the study, a total of 10 common grasspea (*L. sativus* L.) genotypes, 8 lines (IFLS 349, IFLS 257, Sel 706, Sel 668, Sel 702, Sel 1794, ETH-24 and ETH WIR-70) obtained from ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), and 2 cultivars (GAP Mavisi and Gürbüz-2001) bred in Türkiye, were used as plant material. Sodium chloride (NaCl) was used as the salt form.

Research Subject and Germination Experiment

Laboratory experiments were included ten different grasspea genotypes and five different concentrations (0- 50-100-150 and 200 mM) of salt (NaCl). They were established in randomized plots in factorial design with four replications. For each replication, 20 seeds were used. Seeds were surface sterilized with 70% ethanol for one minute and then rinsed three times with sterile water. Then, to remove the microorganisms on the seed surface, a subsequent step of surface sterilization was carried out by covering the seeds with a 10% sodium hypochlorite (NaOCl) + 0.01% tween20 solution for 10 minutes. The sterilized seeds were placed between two layers of Whatman No.2 filter paper in petri dishes (90 mm x 15 mm). Five ml of salt solutions were applied to each petri dish. Petri dishes were left to germinate in an incubator (BINDER, GmbH, Germany) setting at 25±2°C temperature. Until the end of the study, 5 ml of salt dose was added to the petri dishes according to the trial subjects for every 48 hours (according to the humidity levels of the seeds in the petri dishes).

Germination controls were applied for every 24 hours during the experiment and the germination test was completed on the 10th day. The observation of at least 2 mm radicle was the germination criterion of the seeds (Scott et al., 1984; Soleymani & Shahrajabian, 2018). Measurements were conducted on ten randomly selected seedlings in each petri dish, and on all germinated plants in petri dishes that did not contain adequate number of seedlings due to salt stress.

Germination and Seedling Growth Assessments

In the study, germination parameters such as germination percentage (GP), mean germination time (MGT), germination index (GI), coefficient of uniformity of germination (CUG), germination energy (GE), and seedling growth parameters such as seedling length (SL), seedling fresh weight (SFW), seedling dry weight (SDW) and seedling vigor index (SVI) were examined.

Equation 1 of Scott et al. (1984) was used for the determination of the GP parameter.

$$GP = (NGS/TS) \times 100 \quad (1)$$

In the equation, *NGS* is the number of normal germinated seeds, *TS* is the total number of utilized seeds.

Mean germination time is used to determine the germination day of seeds and was calculated by Equation 2 (Ellis & Roberts, 1981).

$$MGT = \sum (N_i T_i / N) \quad (2)$$

N_i is the number of seeds germinated on the *T_i* day; *T_i* refers to the number of days from the beginning of germination.

Germination index was calculated with the help of Equation 3 (Wang et al., 2004), CUG by Equation 4 (Bewely & Black, 1994), and GE by Equation 5 (Li et al., 2020).

$$GI = \sum (G_i / T_i) \quad (3)$$

G_i is the germination percentage at the *ith* day, and *T_i* is the days of germination test duration.

$$CUG = \sum n / \sum [(MGT - t)^2 n] \quad (4)$$

t is the time in days starting from day 0, the day of sowing, and *n* is the number of seeds completing germination on day *t*.

$$(T_1 / N) \times 100 \quad (5)$$

In the equation, *T₁* represents the number of seeds germinated on the first day, and *N* represents the total number of seeds.

Seedling length (SL) (cm): At the end of the study, the lengths of seedling were scanned in color with a random selection using an Iscan Color Mini Portable Scanner with a resolution of 600 dpi. The SL parameter was precisely and meticulously measured using (Acikbas et al., 2021) the ImageJ image analysis software (Rueden et al., 2017).

Seedling fresh weight (SFW) and dry weight (SDW) (mg): The SFW was determined at the end of the study by weighing ten randomly selected seedlings from each Petri dish and calculating the average fresh weight of seedlings. Following that, the fresh seedlings were dried in an oven at 70 °C for 48 hours to determine the average SDW.

Seedling vigor index (SVI): It was calculated using Equation 6 as reported by Kalsa & Abebie (2012).

$$SVI = GP \times SDW \text{ (gr)} \quad (6)$$

Statistical Analysis

The obtained data were subjected to analysis of variance according to the completely randomized factorial design. The differences between the means were checked with the TUKEY's HSD multiple comparison test (Açıkgöz & Açıkgöz, 2001). The JMP Pro 14 software was used for statistical calculations.

RESULTS

The variance analysis results for the GP, MGT, CUG, GI, GE, SL, SFW, SDW, and SVI values of the grasspea genotypes considered in the study according to salt stress are presented in Table 1.

Table 1. The variance analysis of the parameters examined in the study

Çizelge 1. Araştırmada incelenen parametrelerin varyans analizi

Factors/Traits	TUKEY value/F probability								
	GP	MGT	CUG	GI	GE	SL	SFW	SDW	SVI
Genotypes (G)	7.57/**	0.63/ns	9.07/**	1.65/**	11.78/**	0.71/**	52.75/**	2.14/**	5.65/**
Salinity (S)	4.57/**	0.38/**	5.48/**	1.00/**	7.14/**	0.44/**	31.99/**	1.29/**	3.41/**
G x S	21.42/**	1.81/**	25.54/**	4.69/**	33.66/**	2.07/**	150.46/**	6.09/**	16.11/**

GP: Germination percentage, MGT: Mean germination time, CUG: Coefficient of uniformity of germination, GI: Germination index, GE: Germination energy, SL: Seedling length, SFW: Seedling fresh weight, SDW: Seedling dry weight and Seedling vigor index, **: p<0.01, ns: no significant difference.

The differences among genotypes for all parameters (except MGT) were found to be statistically significant at the p<0.01 level. Similarly, the differences among salinity levels and genotype x salinity interaction for all parameters were also found to be statistically significant at the p<0.01 level (Table 1).

As a result of the study, increasing salt concentrations were found to decrease germination rates; however, the difference between the control treatment (0 mM) and the 50 and 100 mM salt doses was statistically insignificant, significant decreases occurred from the 150 mM salt dose onwards. Accordingly, the highest germination rate, as the average of genotypes, was determined to be 99.0% and 98.5% in the control (0 mM) and 50 mM applications, respectively, while the lowest value was observed at the highest dose of salt, 200 mM salt concentration (43.2%). When the average results of grasspea genotypes were examined, the highest germination rate was found to be 92.0% in the Sel 668 genotype, on average across salt concentrations, and the difference between Sel 668 genotype and other genotypes except Sel 706, ETH WIR-70, and Gürbüz-2001 genotypes was statistically insignificant in terms of germination rate. The lowest germination rate was determined to be 77.7% on average across salt concentrations in the Gürbüz-2001 cultivar (Table 2).

In the study, it was observed that germination was more delayed with increasing salt concentrations than untreated ones. In this regard, germination occurred on average in 1.35 and 1.38 days in 0 and 50 mM environments, respectively, while in the 100 mM salt concentration, it took 2.19 days, and in 200 mM, the average germination time was 2.98 days (Table 2).

Table 2. Some germination parameters of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 2. Mürdümük genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki bazı çimlenme parametreleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Germination percentage (%)						
IFLS 349	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	96.7±2.9 ^a	85.0±18.0 ^{abc}	60.0±5.0 ^{de}	88.3 ^{AB}
IFLS 257	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	93.3±11.5 ^a	96.7±2.9 ^a	50.0±10.0 ^{def}	87.7 ^{AB}
GAP Mavisi	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±5.8 ^a	96.7±2.9 ^a	36.7±7.6 ^f	85.3 ^{ABC}
Gürbüz-2001	96.7±5.8 ^a	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	86.7±7.6 ^{ab}	8.3±2.9 ^g	77.7 ^D
Sel 706	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	10.0±5.0 ^g	80.3 ^{CD}
Sel 668	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	100.0±0.0 ^a	65.0±13.2 ^{cd}	92.0 ^A
Sel 702	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	95.0±5.0 ^a	55.0±13.2 ^{def}	88.7 ^{AB}
Sel 1794	100.0±0.0 ^a	96.7±5.8 ^a	91.7±7.6 ^a	95.0±5.0 ^a	66.7±2.9 ^{bcd}	90.0 ^{AB}
ETH-24	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	86.7±18.9 ^{ab}	43.3±12.6 ^{ef}	85.7 ^{ABC}
ETH WIR-70	96.7±5.8 ^a	96.7±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	93.3±2.9 ^a	36.7±5.8 ^f	84.3 ^{BCD}
Average	99.0 ^A	98.5 ^A	96.2 ^{AB}	93.2 ^B	43.2 ^C	
Mean germination time (day)						
IFLS 349	1.17±0.1 ^e	1.37±0.1 ^{cde}	2.51±0.7 ^{b-e}	2.77±0.6 ^{b-e}	3.11±0.6 ^{a-d}	2.18
IFLS 257	1.33±0.2 ^{de}	1.32±0.1 ^{de}	1.96±0.4 ^{b-e}	2.35±0.2 ^{b-e}	3.21±0.3 ^{ab}	2.03
GAP Mavisi	1.44±0.2 ^{b-e}	1.62±0.2 ^{b-e}	2.81±0.4 ^{b-e}	2.55±0.7 ^{b-e}	3.17±0.9 ^{abc}	2.32
Gürbüz-2001	1.64±0.3 ^{b-e}	1.59±0.2 ^{b-e}	2.27±0.2 ^{b-e}	2.52±0.1 ^{b-e}	2.17±0.3 ^{b-e}	2.04
Sel 706	1.22±0.0 ^e	1.39±0.1 ^{cde}	1.93±0.1 ^{b-e}	2.09±0.3 ^{b-e}	2.94±0.6 ^{b-e}	1.91
Sel 668	1.23±0.2 ^e	1.17±0.0 ^e	2.31±0.1 ^{b-e}	2.03±0.3 ^{b-e}	4.81±1.1 ^a	2.31
Sel 702	1.45±0.2 ^{b-e}	1.25±0.1 ^e	1.48±0.1 ^{b-e}	2.07±0.3 ^{b-e}	2.67±0.8 ^{b-e}	1.79
Sel 1794	1.23±0.2 ^e	1.25±0.2 ^e	1.69±0.4 ^{b-e}	2.32±0.3 ^{b-e}	3.12±0.3 ^{a-d}	1.92
ETH-24	1.20±0.1 ^e	1.42±0.2 ^{b-e}	2.74±0.3 ^{b-e}	2.34±0.5 ^{b-e}	2.14±0.4 ^{b-e}	1.97
ETH WIR-70	1.60±0.3 ^{b-e}	1.37±0.2 ^{cde}	2.25±0.4 ^{b-e}	2.31±0.4 ^{b-e}	2.50±0.9 ^{b-e}	2.01
Average	1.35 ^C	1.38 ^C	2.19 ^B	2.34 ^B	2.98 ^A	
Germination index						
IFLS 349	18.11±1.2 ^a	16.44±1.2 ^{ab}	9.83±2.3 ^{b-l}	7.53±1.6 ^{k-p}	4.73±0.2 ^{m-q}	11.33 ^{ABC}
IFLS 257	16.78±1.8 ^a	16.50±1.0 ^{ab}	11.67±2.4 ^{c-k}	9.77±1.2 ^{h-l}	3.79±0.7 ^{opq}	11.70 ^{ABC}
GAP Mavisi	15.73±1.1 ^{a-d}	13.97±0.8 ^{a-i}	8.16±1.1 ^{k-o}	9.41±2.6 ^{i-m}	3.17±0.7 ^{pq}	10.09 ^C
Gürbüz-2001	15.12±1.0 ^{a-f}	14.17±1.4 ^{a-h}	10.91±0.5 ^{e-k}	8.81±0.7 ^{j-n}	1.50±0.5 ^q	10.10 ^C
Sel 706	17.83±0.3 ^a	16.06±1.3 ^{abc}	11.81±1.0 ^{b-k}	11.56±1.5 ^{c-k}	1.39±1.2 ^q	11.73 ^{ABC}
Sel 668	17.78±2.1 ^a	18.11±0.7 ^a	9.64±0.9 ^{h-l}	11.69±1.7 ^{c-k}	4.47±0.8 ^{n-q}	12.34 ^{AB}
Sel 702	15.28±1.6 ^{a-e}	17.28±0.8 ^a	14.78±1.3 ^{a-g}	11.25±2.1 ^{d-k}	4.50±0.0 ^{n-q}	12.62 ^{AB}
Sel 1794	17.67±1.5 ^a	17.22±2.2 ^a	13.48±0.9 ^{a-j}	10.19±0.8 ^{g-l}	5.69±0.4 ^{l-q}	12.85 ^A
ETH-24	17.67±1.2 ^a	15.94±1.6 ^{a-d}	9.04±0.9 ^{h-n}	9.41±2.9 ^{i-m}	4.53±1.1 ^{n-q}	11.32 ^{ABC}
ETH WIR-70	14.83±2.3 ^{a-g}	16.44±1.4 ^{ab}	10.44±1.7 ^{f-k}	9.53±1.7 ^{h-l}	3.56±0.7 ^{opq}	10.96 ^{BC}
Average	16.68 ^A	16.21 ^A	10.98 ^B	9.91 ^C	3.73 ^D	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

Salinity significantly reduced the germination index, germination uniformity coefficient, and germination energy. Significant decreases in the mentioned germination parameters occurred from the 100 mM salt dose onwards, and differences between the 0 mM and 50 mM salt concentration treatments were found to be statistically insignificant. The highest values for germination index, germination uniformity coefficient, and germination energy were observed at these two salt concentrations (respectively, 16.68 and 16.21 for GI; 74.9 and 72.7 for CUG; 69.7 and 64.7 for GE). When differences among grasspea genotypes were examined, the Sel 1794 genotype stood out with the highest values for germination index and germination energy, while the Sel 668, Sel 702, and Sel 1794 genotypes excelled on germination uniformity coefficient. Generally, increasing salt concentration reduced the GI, CUG, and GE values in all genotypes compared to the control (0 mM) and 50 mM (Tables 2 & 3).

The highest seedling length values, as the average of genotypes, were determined in the control (0 mM) and 50 mM salt concentration treatments (9.22 cm each), while the lowest values were observed at the highest dose of salt (200 mM) (1.15 cm). Regarding seedling length, it was found that the Sel 702 genotype had the longest measurement at 7.33 cm. It was grouped with the IFLS 257 and Sel 668 genotypes for seedling length (Table 3).

Table 3. Some germination and seedling length values of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 3. Mürdümük genotiplerinin tuz konsantrasyonlarındaki bazı çimlenme ve fide uzunluğu değerleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Coefficient of uniformity of germination						
IFLS 349	84.2±6.3 ^a	73.5±5.8 ^{a-d}	40.9±6.7 ^{g-p}	31.2±7.0 ^{k-s}	19.6±2.5 ^{n-s}	49.9 ^{ABC}
IFLS 257	75.9±10.3 ^{abc}	74.5±5.3 ^{a-d}	48.9±5.7 ^{d-k}	41.5±5.4 ^{g-o}	15.7±3.8 ^{o-s}	51.3 ^{AB}
GAP Mavisi	68.8±7.4 ^{a-f}	60.8±4.7 ^{a-i}	34.9±6.2 ^{i-r}	39.6±3.8 ^{h-q}	12.3±4.2 ^{r-s}	43.3 ^{BC}
Gürbüz-2001	59.8±8.1 ^{a-j}	62.3±6.7 ^{a-h}	43.5±2.3 ^{f-n}	34.5±2.8 ^{j-r}	7.2±2.5 ^s	41.4 ^C
Sel 706	82.2±1.9 ^a	71.3±5.9 ^{a-e}	50.3±4.6 ^{c-k}	46.8±3.0 ^{e-l}	6.3±2.2 ^s	51.4 ^{AB}
Sel 668	83.0±9.7 ^a	84.1±4.9 ^a	42.0±1.8 ^{g-n}	49.9±3.7 ^{d-k}	14.3±2.4 ^{q-rs}	54.7 ^A
Sel 702	68.6±9.1 ^{a-f}	78.6±4.6 ^{ab}	65.6±6.1 ^{a-g}	46.6±4.3 ^{e-m}	20.8±1.4 ^{m-s}	56.1 ^A
Sel 1794	81.9±9.8 ^a	78.7±4.2 ^{ab}	55.6±5.9 ^{b-k}	41.0±2.2 ^{g-p}	21.5±1.2 ^{l-s}	55.7 ^A
ETH-24	82.1±7.7 ^a	71.3±8.8 ^{a-e}	36.1±3.2 ^{i-r}	39.1±3.1 ^{h-q}	20.4±2.7 ^{n-s}	49.8 ^{ABC}
ETH WIR-70	62.3±5.8 ^{a-h}	72.3±9.9 ^{a-e}	44.1±2.4 ^{f-n}	41.1±6.3 ^{g-p}	15.5±2.3 ^{p-s}	47.1 ^{ABC}
Average	74.9 ^A	72.7 ^A	46.2 ^B	41.1 ^B	15.4 ^C	
Germination energy						
IFLS 349	83.3±10.4 ^a	65.0±8.8 ^{abc}	15.0±2.7 ^{g-j}	5.3±1.3 ^j	6.7±2.9 ^j	35.1 ^{ABC}
IFLS 257	68.3±7.6 ^{abc}	66.7±7.6 ^{abc}	30.0±3.2 ^{d-j}	13.3±2.6 ^{hij}	3.3±0.9 ^j	36.3 ^{ABC}
GAP Mavisi	60.0±8.7 ^{a-e}	43.3±7.6 ^{c-i}	5.3±2.0 ^j	13.3±2.5 ^{hij}	5.0±0.0 ^j	25.4 ^C
Gürbüz-2001	63.3±7.6 ^{a-d}	45.0±3.2 ^{b-h}	23.3±5.3 ^{f-j}	15.0±4.0 ^{g-j}	6.7±2.9 ^j	30.7 ^{BC}
Sel 706	78.3±2.9 ^{ab}	63.3±6.1 ^{a-d}	28.3±5.8 ^{e-j}	28.3±5.8 ^{e-j}	5.0±1.0 ^j	40.7 ^{AB}
Sel 668	78.3±3.6 ^{ab}	83.3±2.9 ^a	13.3±4.6 ^{hij}	25.0±5.2 ^{f-j}	3.7±1.8 ^j	40.7 ^{AB}
Sel 702	55.0±2.8 ^{a-f}	75.0±8.7 ^{abc}	51.7±6.6 ^{a-f}	28.3±5.6 ^{e-j}	1.7±0.5 ^j	42.3 ^{AB}
Sel 1794	76.7±5.3 ^{abc}	76.7±4.4 ^{abc}	48.3±4.4 ^{b-g}	21.7±4.8 ^{f-j}	6.7±2.9 ^j	46.0 ^A
ETH-24	78.3±10.4 ^{ab}	60.0±5.0 ^{a-e}	10.0±2.0 ^j	15.0±4.0 ^{g-j}	6.7±2.9 ^j	34.0 ^{BC}
ETH WIR-70	55.0±7.5 ^{a-f}	68.3±7.4 ^{abc}	16.7±2.6 ^{g-j}	15.0±4.0 ^{g-j}	3.3±0.9 ^j	31.7 ^{BC}
Average	69.7 ^A	64.7 ^A	24.2 ^B	18.0 ^B	4.9 ^C	
Seedling length (cm)						
IFLS 349	7.08±0.6 ^{h-n}	9.87±0.4 ^{a-e}	6.23±0.3 ^{l-o}	4.00±1.0 ^{pq}	1.20±0.1 ^r	5.68 ^{EF}
IFLS 257	11.37±0.7 ^{ab}	8.81±1.1 ^{c-i}	6.80±0.6 ^{l-n}	4.60±0.5 ^{op}	2.06±0.1 ^{qr}	6.73 ^{ABC}
GAP Mavisi	8.98±1.3 ^{c-h}	8.46±0.8 ^{d-k}	5.74±0.6 ^{m-p}	3.87±0.5 ^{pq}	1.08±0.1 ^r	5.62 ^{EF}
Gürbüz-2001	7.68±0.7 ^{f-m}	9.32±0.0 ^{b-g}	5.91±0.5 ^{m-p}	3.96±0.5 ^{pq}	0.56±0.1 ^r	5.49 ^F
Sel 706	10.24±0.5 ^{a-d}	8.94±0.8 ^{c-h}	6.48±1.0 ^{k-o}	6.16±1.2 ^{l-o}	0.71±0.1 ^r	6.51 ^{BCD}
Sel 668	11.40±0.7 ^a	9.30±1.1 ^{b-g}	8.73±0.3 ^{c-j}	5.36±0.6 ^{no-p}	1.25±0.0 ^r	7.21 ^{AB}
Sel 702	9.62±0.9 ^{a-f}	10.73±0.9 ^{abc}	8.49±0.1 ^{d-k}	6.38±0.3 ^{l-o}	1.42±0.0 ^r	7.33 ^A
Sel 1794	8.00±0.2 ^{e-l}	9.43±0.7 ^{a-f}	7.00±0.4 ^{h-n}	5.42±0.1 ^{no-p}	1.34±0.1 ^r	6.24 ^{CDE}
ETH-24	8.60±0.6 ^{d-j}	9.53±0.3 ^{a-f}	6.72±0.3 ⁱ⁻ⁿ	6.28±0.1 ^{l-o}	1.21±0.1 ^r	6.47 ^{CD}
ETH WIR-70	9.27±1.3 ^{c-g}	7.80±0.6 ^{e-m}	7.35±0.9 ^{g-n}	4.08±0.1 ^{pq}	0.65±0.0 ^r	5.83 ^{DE}
Average	9.22 ^A	9.22 ^A	6.94 ^B	5.01 ^C	1.15 ^D	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

The values for seedling fresh and dry weights and seedling vigor index are given in Table 4. When Table 4 is examined, the highest values for seedling fresh weight and seedling vigor index, as the average of genotypes, were determined in the control group (521.8 mg and 51.5, respectively), while the lowest values were observed at the highest dose of salt (200 mM) (202.1 mg and 9.1, respectively). It was found that IFLS

257 and ETH WIR-70 genotypes had the highest values for seedling fresh weight and seedling vigor index, on average across salt concentrations. When seedling dry weight was evaluated, the highest dry weights were reached at 0 and 50 mM concentrations as the average of genotypes, while the lowest dry weight values were observed when reaching the 200 mM dose. When their genotypes examined, the highest seedling dry weight values were found in the ETH WIR-70 genotype with 18.2 mg. The lowest values were determined in the IFLS 349 (13.1 mg), GAP Mavisi (12.9), and Gürbüz-2001 (12.6 mg) genotypes (Table 4).

Table 4. Some seedling development parameters of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 4. Mürdümük genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki bazı fide gelişim parametreleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Seedling fresh weight (mg)						
IFLS 349	494.8±43.3 ^{a-h}	380.2±32.1 ^{f-n}	391.7±9.5 ^{e-n}	335.4±33.4 ^{t-o}	268.1±18.7 ^{m-s}	374.0 ^{BC}
IFLS 257	555.6±31.6 ^{abc}	475.5±21.2 ^{a-j}	490.0±23.0 ^{a-h}	386.1±40.0 ^{f-n}	327.4 ±32.2 ^{i-p}	446.9 ^A
GAP Mavisi	439.7±6.0 ^{c-l}	441.3±36.9 ^{b-l}	409.4±34.1 ^{c-m}	372.5±16.2 ^{g-n}	156.7 ±16.1 ^s	363.9 ^{BC}
Gürbüz-2001	483.4±14.8 ^{a-i}	527.8±49.8 ^{a-f}	381.9±33.8 ^{f-n}	380.1±28.5 ^{f-n}	172.0 ±33.4 ^{qrs}	389.1 ^{BC}
Sel 706	543.5±8.8 ^{a-d}	382.4±30.6 ^{f-n}	364.7±28.4 ^{g-n}	349.7±31.2 ^{h-o}	178.0±20.0 ^{p-s}	363.7 ^{BC}
Sel 668	591.0±38.7 ^{ab}	475.4±44.5 ^{a-j}	427.1±58.9 ^{c-l}	333.9±17.2 ^{h-o}	246.4 ±28.3 ^{n-s}	414.8 ^{AB}
Sel 702	512.5±42.0 ^{a-g}	542.2±57.7 ^{a-e}	402.1±33.0 ^{d-m}	354.5±18.7 ^{h-o}	145.7±18.8 ^s	391.4 ^{BC}
Sel 1794	495.6±13.0 ^{a-h}	390.5±54.1 ^{f-n}	387.2±37.7 ^{f-n}	308.3±32.9 ^{l-r}	146.0± 21.0 ^s	345.5 ^C
ETH-24	497.1±26.5 ^{a-h}	457.8±52.7 ^{a-l}	321.9±42.3 ^{k-q}	385.7±3.5 ^{f-n}	166.7± 12.9 ^s	365.8 ^{BC}
ETH WIR-70	605.2±31.4 ^a	555.4±63.1 ^{abc}	463.6±31.5 ^{a-k}	412.7±41.9 ^{c-m}	213.9±33.4 ^{o-s}	450.2 ^A
Average	521.8 ^A	462.9 ^B	404.0 ^C	361.9 ^D	202.1 ^E	
Seedling dry weight (mg)						
IFLS 349	18.9±1.4 ^{a-j}	18.8±3.1 ^{a-j}	13.1±2.7 ^{i-p}	9.9±0.6 ^{n-s}	4.8±0.4 ^{q-t}	13.1 ^E
IFLS 257	24.7±1.3 ^a	18.6±1.3 ^{a-j}	15.4±2.7 ^{f-n}	13.3±2.1 ^{i-p}	7.5±0.8 ^{p-t}	15.9 ^{BCD}
GAP Mavisi	16.9±2.0 ^{d-l}	17.2±2.4 ^{c-k}	14.0±2.3 ^{h-o}	10.7±1.6 ^{m-r}	5.5±0.5 ^{q-t}	12.9 ^E
Gürbüz-2001	19.3±3.7 ^{a-i}	16.2±1.2 ^{e-m}	12.0±2.0 ^{k-p}	10.8±1.2 ^q	4.7±0.3 ^{v-t}	12.6 ^E
Sel 706	22.3±1.0 ^{a-e}	22.5±3.0 ^{a-d}	15.7±2.0 ^{f-n}	12.2±1.8 ^{k-p}	4.6±0.7 st	15.5 ^{BCD}
Sel 668	24.3±0.7 ^a	24.1±0.9 ^a	16.4±3.1 ^{d-m}	13.8±0.7 ^{h-o}	3.6±0.4 ⁱ	16.4 ^{ABC}
Sel 702	23.2±2.0 ^{abc}	23.7±3.3 ^{ab}	17.7±0.3 ^{b-k}	14.6±2.1 ^{f-n}	7.6±0.7 ^{p-t}	17.4 ^{AB}
Sel 1794	17.4±0.9 ^{c-k}	18.0±1.4 ^{b-k}	14.0±2.2 ^{h-o}	12.4±0.6 ^{k-p}	8.4±1.3 ^{o-t}	14.0 ^{DE}
ETH-24	20.4±1.5 ^{a-g}	20.6±1.5 ^{a-f}	14.4±3.6 ^{g-o}	13.5±0.6 ^{i-p}	3.8±0.2 ^l	14.5 ^{CDE}
ETH WIR-70	24.6 ±2.7 ^a	23.8±1.6 ^{ab}	19.8±0.2 ^{a-h}	14.4±2.3 ^{g-o}	8.5±1.1 ^{o-t}	18.2 ^A
Average	21.2 ^A	20.4 ^A	15.3 ^B	12.6 ^C	5.9 ^D	
Seedling vigor index						
IFLS 349	48.8±2.2 ^{a-i}	38.0±1.2 ^{e-l}	37.9±2.1 ^{e-l}	28.4±2.8 ^{lm}	16.1±2.4 ^{mn}	33.8 ^{BC}
IFLS 257	55.6±3.2 ^{ab}	46.7±1.9 ^{a-j}	46.0±2.7 ^{a-j}	37.2±2.4 ^{e-l}	16.3±3.3 ^{mn}	40.4 ^A
GAP Mavisi	43.3±1.8 ^{a-l}	43.5±2.8 ^{a-l}	39.7±3.2 ^{b-l}	36.0±1.2 ^{f-l}	5.7±1.1 ⁿ	33.6 ^C
Gürbüz-2001	46.8±3.9 ^{a-j}	52.0±2.8 ^{a-f}	37.6±4.1 ^{e-l}	32.8±1.6 ^{l-l}	1.5±0.7 ⁿ	34.1 ^{BC}
Sel 706	54.4±0.9 ^{a-d}	37.5±1.9 ^{e-l}	35.2±2.8 ^{g-l}	33.8±2.8 ^{h-l}	1.8±1.1 ⁿ	32.6 ^C
Sel 668	59.1±2.9 ^a	46.7±5.0 ^{a-j}	41.3±3.4 ^{b-l}	33.4±1.7 ^{h-l}	16.3±2.9 ^{mn}	39.3 ^{AB}
Sel 702	50.5±4.5 ^{a-g}	53.3±6.0 ^{a-e}	38.8±2.9 ^{c-l}	33.6±0.6 ^{h-l}	8.1±2.6 ⁿ	36.9 ^{ABC}
Sel 1794	49.6±1.3 ^{a-h}	37.8±4.6 ^{e-l}	35.3±3.0 ^{g-l}	29.2±1.6 ^{klm}	9.7±1.4 ⁿ	32.3 ^C
ETH-24	48.9±2.2 ^{a-i}	45.8±5.3 ^{a-j}	31.6±3.3 ^{j-m}	33.4±2.1 ^{i-l}	7.1±1.6 ⁿ	33.4 ^C
ETH WIR-70	58.4±2.0 ^a	54.7±4.7 ^{abc}	44.8±1.8 ^{a-k}	38.4±2.9 ^{d-l}	8.1±2.3 ⁿ	40.9 ^A
Average	51.5 ^A	45.6 ^B	38.8 ^C	33.6 ^D	9.1 ^E	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

It was determined that genotype x salinity interactions had significant effects on all germination and seedling parameters investigated (Table 1). According to these examined germination and seedling development parameters, it is believed that the interaction arises from the differential effects of salt

concentrations on genotypes, with some genotypes being more affected than others by this effect, while some genotypes are more resistant to salt. Additionally, another reason is that as salt concentrations increase, there was a decreasing trend in the examined parameters across all genotypes in general. However, some genotypes exhibited fluctuating trends and significant increases compared to the control, which contributed to the significance of the interaction (Tables 2-4).

DISCUSSION

Salinity, particularly among abiotic stresses, significantly limits crop productivity and causes economic losses to farmers (Garg et al., 2016; Ahanger et al., 2017). Salinity exhibits its adverse effects on plants in several ways; among these, high salt concentration in the soil severely affects the water uptake capacity of plant roots, rendering the plant more vulnerable (Saxena et al., 2019). This leads to the suppression of many physiological and biochemical processes within plants, diminishing nutrient uptake and assimilation, growth, development, and production, thereby demonstrating its toxic effect (Hasegawa et al., 2000; Munns & Tester, 2008). Understanding plant responses under different stress conditions and developing stress-tolerant plants are crucial for sustainable agriculture. It has been reported that salt-tolerant crops would be a significant avenue in achieving sustainability goals in the current agricultural system (Flowers, 2004; Munns & Tester, 2008; Ali et al., 2019).

In the study, significant decreases were observed in all germination parameters examined, both in all investigated grasspea genotypes and in the average results of genotypes, with increasing salt concentrations. Researchers have reported that the decreases in germination parameters due to salt concentration are attributed to the prevention of seed water uptake at high salt concentrations and embryo poisoning due to the toxic effects of some ions (Dan & Brix, 2007; Tavili & Biniaz, 2009; Ceritoğlu et al., 2020; Chen et al., 2020; Dere, 2021; Açıkbaz et al., 2023). The findings obtained for germination parameters, especially germination rate, are consistent with studies conducted on grasspea plants subjected to salt stress (Mahdavi & Sanavy, 2007; Fallahi et al., 2015; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Moghaddam et al., 2020; Tokarz et al., 2020; Açıkbaz & Özyazıcı, 2021). Significant differences were observed among grasspea genotypes for all examined germination parameters in the study. This variation is attributed to the genotypic structure of the varieties, as indeed, numerous studies have found high genotypic variation among genotypes in terms of salt tolerance in their species, and different responses of genotypes concerning of germination parameters (Ahmed et al., 2014; Shakeri & Emam, 2017; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Rajabi Dehnavi et al., 2020).

Average germination time is a parameter indicating how quickly seeds germinate (Bijan-zadeh & Egan, 2018), and in the study, it was found that the average germination time increased with increasing salt content in all investigated grasspea genotypes, showing significant variations among genotypes. Some studies with different plant species and genotypes have also reported that salt doses extend the germination time, and there are differences among genotypes regarding average germination time (Okçu et al., 2005; Almodares et al., 2007; Rajabi Dehnavi et al., 2020).

The evaluated seedling parameters, including seedling length, seedling fresh and dry weights, as well as germination rate and seedling vigor index calculated based on seedling fresh weight, showed a decrease in response to increasing salt concentrations. There were differences in the responses of genotypes to salt stress (Tables 3 & 4). Although some varieties exhibited high germination rates, the effects of salt stress on seedling development characteristics-particularly on the affected organs-became more pronounced. This provided clearer insight into the developmental trajectory related to salt tolerance. Many studies conducted with leguminous forage crops exposed to salt stress (Okçu et al., 2005; Kondetti et al., 2012; Day & Uzun, 2016; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Ivani et al., 2018; Ahmed et al., 2023) have also reported results supporting the negative impact of increasing salt concentrations on seedling development parameters and the differential effects observed in the genotypes used in the study.

CONCLUSION

In conclusion, it was determined that common grasspea genotypes were significantly affected by increasing salt concentrations in terms of germination parameters from 50 mM salt dose onwards. Regarding seedling parameters, grasspea genotypes were affected after 50 mM salt concentration in regard to seedling length and seedling dry weight, while other seedling parameters were adversely affected even at the lowest salt dose.

It was observed that genotypes exhibited different responses regarding salt tolerance and resilience across all examined germination and seedling development parameters. Generally, it was found that some of the used genotypes were more resilient in germination and seedling development parameters under salt stress compared to varieties, indicating promising genotypes. While different genotypes stood out in the examined parameters individually, when all parameters were considered together, the Sel 668 genotype is predicted to be a potential new variety candidate due to its resilience to salinity and its performance in germination and seedling development. In this regard, salinity is becoming an increasingly problematic issue, and it is necessary to define the performance of salt-tolerant grasspea genotypes under field conditions.

Data Availability

All data related to the study are presented within the manuscript.

Author Contributions

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

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

Ethical Statement

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

Financial Support

This research was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the framework of the 2209-A University Students Research Projects Support Program, with project number 1919B012311926. The authors would like to thank TÜBİTAK for the financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK.

REFERENCES

- Acıkbas, S., M.A. Özyazıcı & H. Bektas, 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). *Legume Research-An International Journal*, 44 (4): 407-412.
- Açıkbaş, S. & M.A. Özyazıcı, 2021. "The effects of silicon priming application on germination in common grasspea (*Lathyrus sativus* L.), 404-412". 3rd International African Conference on Current Studies, (27-28 February, Abomey-Calavi, Benin), Vol. III, 625 pp.
- Açıkbaş, S., M.A. Özyazıcı, E. Bıçakçı & G. Özyazıcı, 2023. Germination and seedling development performances of some soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars under salinity stress. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 4 (2): 108-118.
- Açıkğöz N. & N. Açıkğöz 2001. Common mistakes in the statistical analyzes of agricultural experiments I. Single factorials. *Anadolu*, 11 (1): 135-147.

- Ahanger, M.A., N.A. Akram, M. Ashraf, M.N. Alyemeni, L. Wijaya & P. Ahmad, 2017. Plant responses to environmental stresses-From gene to biotechnology. *AoB Plants*, 9: plx025.
- Ahmadi, J., B. Vaezi & A. Pour-Aboughadareh, 2015. Assessment of heritability and relationships among agronomic characters in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) under rainfed conditions. *Biharean Biologist*, 9 (1): 29-34.
- Ahmed, B., M. Sultana, M.R. Karim, T. Halder & M.M. Rahman, 2014. Screening of grasspea (*Lathyrus sativus*) genotypes against salinity. *International Journal of Biological Research*, 17: 48-54.
- Ahmed, R., M.M. Islam, H.M.U. Sarker, M. Hasan, M.R. Hossain, A. Shila & R. Ahammed, 2023. Morphological responses of three contrasting soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes under different levels of salinity stress in the coastal region of Bangladesh. *Journal of Plant Stress Physiology*, 9: 18-26.
- Ali, R., R. Ali, S.M. Sundas, Z. Xiling, Z. Xuekun, L. Yan & X. Jinsong, 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants*, 8: 34.
- Almodares, A., M.R. Hadi & B. Dosti, 2007. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (8): 1492-1495.
- Anderson, R., P.E. Bayer & D. Edwards, 2020. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, 56: 197-202.
- Arshad, N., S. Akhtar, T. Ismail, W. Saeed, M. Qamar, F. Özogul, E. Bartkiene & J.M. Rocha, 2023. The comparative effect of lactic acid fermentation and germination on the levels of neurotoxin, anti-nutrients, and nutritional attributes of sweet blue pea (*Lathyrus sativus* L.). *Foods*, 12 (15): 2851.
- Arslan, M. & B. Aydınoglu, 2018. Effect of salinity (NaCl) stress on germination and seedling growth characteristics in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Academic Journal of Agriculture*, 7 (1): 49-54.
- Bewely, J.D. & M. Black, 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer New York, NY, USA, 445 pp.
- Bijanzadeh, E. & T.P. Egan, 2018. Silicon priming benefits germination, ion balance, and root structure in salt-stressed durum wheat (*Triticum durum* desf.). *Journal of Plant Nutrition*, 41 (20): 2560-2571.
- Ceritoğlu, M., M. Erman & F. Yıldız, 2020. Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedlings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4 (1): 82-96.
- Chen, T., I.M.G. Pineda, A.M. Brand & H. Stützel, 2020. Determining ion toxicity in cucumber under salinity stress. *Agronomy*, 10 (5): 677.
- Cocks, P., K. Siddique & C. Hanbury, 2000. "Lathyrus A New Grain Legume, 5-15". A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Faculty of Agriculture, The University of Western Australia, Nedlands, WA (6907).
- Dan, T.H. & H. Brix, 2007. The influence of temperature, light, salinity and seed pre-treatment on the germination of sesbania sesban seeds. *African Journal of Biotechnology*, 6 (19): 2231-2235.
- Day, S. & S. Uzun, 2016. Impact of different NaCl doses on germination and early seedling growth of common vetch cultivars (*Vicia sativa* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (8): 636-641.
- Dere, S., 2021. The Effects of different salt concentration pretreatments on germination and seedling growth parameters in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (Special Issue): 3324-3335.
- Ellis, R.A. & E.H. Roberts, 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9 (2): 373-409.
- Fagodiya, R.K., S.K. Malyan, D. Singh, A. Kumar, R.K. Yadav, P.C. Sharma & H. Pathak, 2022. Greenhouse gas emissions from salt-affected soils: Mechanistic understanding of interplay factors and reclamation approaches. *Sustainability*, 14: 11876.
- Fallahi, H.R., G. Fadaeian, M. Gholami, O. Daneshkhah, F.S. Hosseini, M. Aghavani-Shajari & A. Samadzadeh, 2015. Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science*, 71 (1): 97.
- Feyzi, S., E. Milani & Q.A. Golimovahhed, 2018. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) protein isolate: The effect of extraction optimization and drying methods on the structure and functional properties. *Food Hydrocolloids*, 74: 187-196.
- Flowers, T.A., 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55 (396): 307.

- Garg, R., R. Shankar, B. Thakkar, H. Kudapa, L. Krishnamurthy, N. Mantri, R.K. Varshney, S. Bhatia & M. Jain, 2016. Transcriptome analyses reveal genotype-and developmental stage-specific molecular responses to drought and salinity stresses in chickpea. *Scientific Reports*, 6: 19228.
- Gonçalves, L., D. Rubiales, M.R. Bronze & M.C. Vaz Pato, 2022. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.)-A sustainable and resilient answer to climate challenges. *Agronomy*, 12 (6): 1324.
- Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu & H.J. Bohnert, 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology*, 51: 463-499.
- Ivani, R., S.H. Sanaei Nejad, B. Ghahraman, A.R. Astarai & H. Feizi, 2018. Role of bulk and nanosized SiO₂ to overcome salt stress during fenugreek germination (*Trigonella foenum-graceum* L.). *Plant Signaling & Behavior*, 13 (7): e1044190.
- Kalsa, K.K. & B. Abebie, 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp, *dasycarpa* (Ten.). *African Journal of Agricultural Research*, 7 (21): 3202-3208.
- Kondetti, P., N. Jawali, S.K. Apte & M.G. Shitole, 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties at germination and early seedling growth. *Annals of Biological*, 3 (3): 1489-1498.
- Kumar, G. & R. Tripathi, 2008. Lead-induced cytotoxicity and mutagenicity in grass pea. *Turkish Journal of Biology*, 32 (2): 73-78.
- Lambein, F., S. Travella, Y.H. Kuo, M. Van Montagu & M. Heijde, 2019. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food?. *Planta*, 250: 821-838.
- Li, W., H. Zhang, Y. Zeng, L. Xiang, Z. Lei, Q. Huang, T. Li, F. Shen & Q. Cheng, 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10 (1): 1-9.
- Mahdavi, B. & S.A.M.M. Sanavy, 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (2): 273-279.
- Moghaddam, S.S., A. Rahimi, L. Pourakbar & F. Jangjoo, 2020. Seed Priming with salicylic acid improves germination and growth of *Lathyrus sativus* L. under salinity stress. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30 (1): 68-79.
- Munns, R. & M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651- 681.
- Okçu, G., M.D. Kaya & M. Atak, 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29 (4): 237-242.
- Omid, M., A. Khandan-Mirkohi, M. Kaf, Z. Zamani, L. Ajdarian & M. Babaei, 2022. Biochemical and molecular responses of *Rosa damascena* Mill. cv. Kashan to salicylic acid under salinity stress. *BMC Plant Biology*, 22: 373.
- Özyazıcı, M.A. & S. Açıkbaz, 2021. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Turkish Journal of Agriculture Research*, 8 (2): 133-143.
- Parida, A.K. & A.B. Das, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. A-review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Rajabi Dehnavi, A., M. Zahedi, A. Ludwiczak, S. Cardenas Perez & A. Piernik, 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *Agronomy*, 10 (6): 859.
- Rueden, C.T., J. Schindelin, M.C. Hiner, B.E. DeZonia, A.E. Walter, E.T. Arena & K.W. Eliceiri, 2017. ImageJ2: Imagej for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18 (1): 529.
- Saxena, R., M. Kumar & R.S. Tomar, 2019. Plant responses and resilience towards drought and salinity stress. *Plant Arch*, 19: 50-58.
- Scott, S.J., R.A. Jones & W.A. Williams, 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24 (6): 1192-1199.
- Shakeri, E. & Y. Emam, 2017. Selectable traits in sorghum genotypes for tolerance to salinity stress. *Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology*, 19 (6): 1319-1332.
- Soleymani, A. & M.H. Shahrajabian, 2018. Changes in germination and seedling growth of different cultivars of cumin to drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 1 (173): 91-100.

- Tavili, A. & M. Biniiaz, 2009. Different salts effects on the germination of *Hordeum vulgare* and *Hordeum bulbosum*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (1): 63-68.
- Tokarz, B., T. Wójtowicz, W. Makowski, R.J. Jędrzejczyk & K.M. Tokarz, 2020. What is the difference between the response of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to salinity and drought stress?-A physiological study. *Agronomy*, 10 (6): 833.
- Wang, Y.R., L. Yu, Z.B. Nan & Y.L. Liu, 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Sciences*, 44 (2): 535-541.
- Xu, Q., B. Song, F. Liu, Y. Song, P. Chen, S. Liu & H. B. Krishnan, 2018. Identification and characterization of β -Lathyrin, an abundant glycoprotein of grass pea (*Lathyrus sativus* L.), as a potential allergen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (32): 8496-8503.
- Zörb, C., C.M. Geilfus & K.J. Dietz, 2019. Salinity and crop yield. *Plant Biology*, 21 (Suppl. 1): 31-38.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):437-447
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1480768>

Taner AKKAN ^{1*}

Mehmet ÇETİN ²

Lütfiye Özlem AKKAN ³

¹ Dokuz Eylül University, İzmir Vocational School, Department of Electronics and Automation, Mechatronics Program, 35380, Buca, İzmir, Turkey

² Ege University, Bergama Vocational Training School, Mushroom Program, 35700, Bergama, İzmir, Turkey

³ Dokuz Eylül University, İzmir Vocational School, Department of Electronics and Automation, Electronics Communication Technology Program, 35380, Buca, İzmir, Turkey

* Corresponding author (Sorumlu yazar):
taner.akkan@deu.edu.tr

Keywords: Light dosing control, mushroom growth, oyster mushroom, visible lights

Anahtar sözcükler: Işık dozaj kontrolü, istiridye mantarı, görünür ışıklar, mantar gelişimi

The effect of different light wavelengths and lighting duration on the yield and quality of *Pleurotus ostreatus* mushroom

Farklı ışık dalga boyları ve aydınlatma süresinin *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve kalitesine etkisi

Received (Alınış): 08.05.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 25.10.2024

ABSTRACT

Objective: The study investigated the effect of period of lighting or lighting duration at different wavelengths on the yield and quality of *Pleurotus ostreatus* mushroom.

Materials and Methods: In order to realise this objective, four light colours representing different wavelengths during the production process were applied to the mushrooms using a microcontroller-based automation system with determined time intervals.

Results: Different wavelengths of visible light had no significant effect on the yield and earliness of *Pleurotus ostreatus* mushrooms, but blue light affected fruiting body size.

Conclusion: Mushroom quality can be improved by lighting duration of appropriate colour. More detailed studies are needed to determine the effects of different wavelengths on mushroom nutrients and bioactive content.

ÖZ

Amaç: Çalışmanın amacı, farklı dalga boyları ve ışıklandırma süresinin (veya aydınlatma süresinin) *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve kalitesi üzerine etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem: Bu amacı gerçekleştirmek için üretim sürecinde farklı dalga boylarını temsil eden dört farklı ışık rengi, belirlenen zaman aralıkları ile mikrodenetleyici tabanlı otomasyon sistemi kullanılarak mantarlara uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Görünür ışıkların farklı dalga boyları, *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve erkenciliği üzerine belirgin bir etkisi olmasa da mavi ışığın şapka boyutları üzerinde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Sonuç: Mantar kalitesi uygun renkte ışıklandırma süresi ile artırılabilir. Farklı dalga boylarının mantar besin içeriği ve biyoaktif içeriğine etkilerinin de belirleneceği daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

INTRODUCTION

Mushrooms are one of the most important option in human dietary diversity. The fact that mushrooms can be grown quickly and are easily available, which important reasons for their preference, as well as their nutritional values are similar to other animal foods. As mushrooms are rich in vitamin D and this is particularly important for bone and muscle structure, it is recommended to consume a certain amount (Taofiq et al., 2017).

Many studies have been carried out to determine the parameters on which this significant food source depends in mushroom production. Studies have revealed that some mushrooms are sensitive to light and that yield and quality increase in direct proportion to the light (Roshita & Goh, 2018; Zhang et al., 2021). The formation of fruiting bodies of edible mushrooms is closely related to light. Light plays an important role in the growth and metabolism of edible mushrooms; It effects the mycelium growth, primordium formation, morphology of fruiting bodies (cap and color formation), and also regulates the physiological and biochemical process and nutrient metabolism of edible mushrooms (Roshita & Goh, 2018; Marim et al., 2020; Ye et al., 2021). Effecting of photosensitive proteins by light sometimes reveals wide effects on gene structure (Fuller et al., 2015). There are many effects of light, including the impact of different wavelengths on mushrooms, the behavior of light on various fungal species (Poyedinok et al., 2015), the effects of varying light duration on the product, and the developmental stage of the fungus (Nakano et al., 2010). The light effects not only the yield or physical but also on the content of bioactive components according to the study conducted by Zawadzka et al. (2022). Especially the duration of the light given to the product is also important.

Pleurotus species are highly valued as edible mushrooms with significant commercial importance worldwide. In addition to their high nutritional value, *Pleurotus* spp. have an important place in nutraceutical science with their medical uses as anticancer, anti-cardiovascular diseases, antidiabetes, antioxidant and hepatoprotective (Khan & Tania, 2012). This group comprises various species such as *Pleurotus ostreatus*, *P. sajor-caju*, *P. cystidiosus*, *P. cornucopiae*, *P. pulmonarius*, *P. tuberregium*, *P. sapidus*, *P. citrinopileatus*, and *P. flabellatus*, which are cultivated in temperate and subtropical regions globally. The cultivation of *Pleurotus* species offers numerous benefits, including fast mycelial growth, strong saprophytic colonization capabilities, easy and cost-effective cultivation methods, and a variety of species that can thrive in different climates. Recently, the commercial value of *Pleurotus* species has significantly increased due to these advantages (Zervakis & Balis, 1996). The mycelium of mushrooms from the *Pleurotus* genus does not require light for its growth (Sharma, 2004), nevertheless, light is necessary for the proper development of carpophores (Royse, 1991). Trukhonovets (1991) maintains that during the period of carpophore development and growth, light is an important factor in deciding about yielding and morphological characteristics of fruiting bodies.

Visible lights are located in the electromagnetic radiation spectrum, between infrared and ultraviolet lights (Anonymous, 2024). Visible light bands from red to violet are the colours seen by human beings (Figure 1). These light bands are also effective in the growth of plants. Similarly, the effects of light on mushroom quality have also been proven by some studies in the literature (Kap-Duk, 2000; Wu et al., 2013; Wang et al., 2020; Ryu et al., 2023). Different types of light likely have effects on the yield as well as the quality of *P. ostreatus*. Within the scope of this research, it was aimed to determine the effect of different light types on the yield and physical characteristics of *P. ostreatus* such as fruit body colour and size by using a computer-controlled automation system designed to physically operate the light sources.

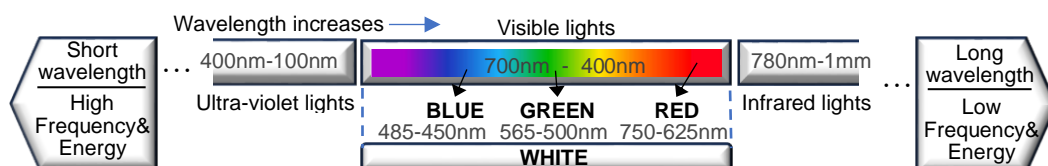


Figure 1. The light bands in electromagnetic spectrum.

Şekil 1. Elektromanyetik spektrumdaki ışık bantları.

MATERIALS and METHODS

Materials

The mushroom growing substrate used in the experiment was obtained from Asva Agriculture Ltd. Co. (Kemalpaşa, İzmir). The mushroom strain used in the experiment was the "3002" strain of the commercial "Amycel" company related to *Pleurotus ostreatus* species.

The electronic automation system in the study was used for the timing of colour lights at the desired time interval and duration. It drives two 16-channel relay card modules to control direct current (DC) LED strips installed on up to 32 different lighting zones. The automation system has a microcontroller board, real-time-clock (RTC) module, parameter storage electrically-erasable programmable read only memory (EEPROM) chip, microSD card module for data logging, RS485 module (MAXIM, 2003) for MODBUS communication for remote control, an operator panel as human machine interface (HMI), a personal computer (PC) power supply, and two 16 channel relay module boards.

The microcontroller board was selected as Arduino Mega 2560 R3 because it has plenty of digital input output ports and four RS232 channels (ARDUINO, 2024). For timing the current date and time data was acquired from DS3231 RTC module (Anonymous, 2015). The RTC module has also AT24C32 EEPROM chip (MICROCHIP, 2003) and it is used to store and retrieve of zone active lighting time and the time period data. The micro-SD card module [ref] was also connected to the Arduino Mega 2560 R3 board for data logging. RS485 module was used to convert Arduino mega RS232 serial channel to RS485 MODBUS communication protocol (Yue, 2020) using a Weintek Easyview Operator panel as a remote terminal unit (RTU) (WEINTEK, 2017). 16 channel relay card (Anonymous, 2018) was an optically isolated digital 5V input controlled module and was usually used for automation for Arduino boards, Raspberry Pi boards and programmable logic controllers (PLCs) (Anonymous, 2011). SMD5050 is an LED chip that it can create light in different colours with 3 different RGB colour inputs (Anonymous, 2023). SMD 5050 contains three LEDs in a 5.0mm x 5.0mm area. Thus, an SMD5050 LED produces three times more light than a single-diode SMD3528 chip. Therefore, it is mainly used as "area lighting" and can replace lamps or LEDs used for room or indoor lighting. Figure 2 shows SMD 5050 RGB LED chip and RGB LED module.



Figure 2. SMD 5050 RGB LED chip (left) and RGB LED module (right).

Şekil 2. SMD 5050 RGB LED çipi (solda) ve RGB LED modülü (sağda).

The electronic system hardware schematic was given in Figure 3. The schematic shows the necessary electronic components and their connections. The control software initialized RTC3231 module, AT24C32 EEPROM chip, microSD card module, RS485 module, and 32 channel relay with initial values. Then, RTC date and time values were read from RTC module, and the zone relays timings and activation time parameters were read from EEPROM chip. RS485 operator panel poll operation was performed to change zone time values and update the EEPROM values. Finally, relays were controlled one by one to light colour LED strips because their pre-determined times. That control loop continued to the point that the operator stops the automation.

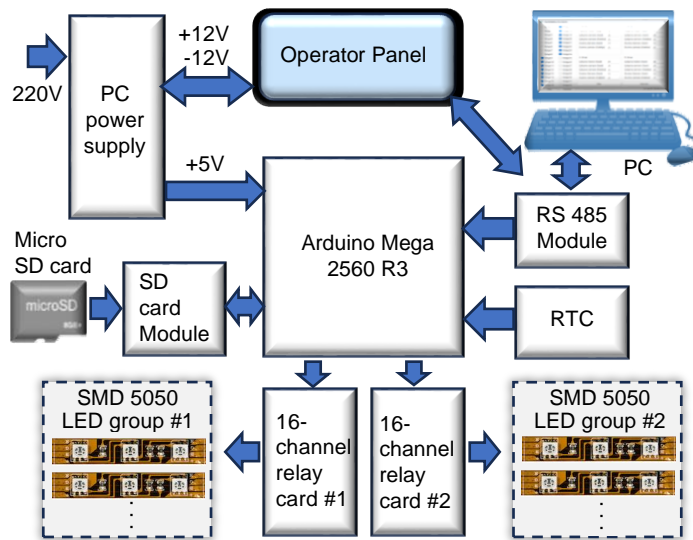


Figure 3. The electronic system hardware schematic.

Şekil 3. Elektronik sistem donanım şeması.

Method

The general algorithm of the control software was given in Figure 4.

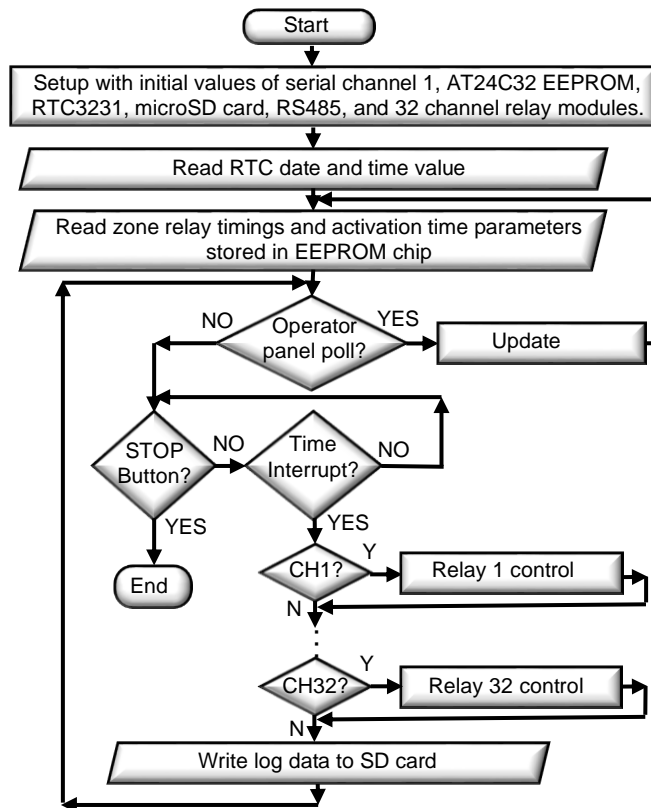


Figure 4. The algorithm of the control software.

Şekil 4. Kontrol yazılımının algoritması.

The cultivation studies were carried out in the mushroom production rooms of Ege University Bergama Vocational School, which have computer-controlled automation systems. The spawn inoculated growing substrates were placed on the shelves in the production rooms depending on the light colour and lighting duration according to the random blocks experimental design with 8 replications for each application. In the study, each compost bag weight was prepared as 4 kg and the bags were inoculated with 3% (w:w) spawn. During the mycelial development period, the temperature of the production rooms was set at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, humidity was kept at 85-90%, and fresh air was not supplied during this period (Figure 5).



Figure 5. A photo from the production room.

Şekil 5. Üretim odasından bir fotoğraf.

After the completion of mycelial development, the lightening was applied for 8 and 12 hours with white, red, blue, and green coloured LED lamps depending on the application to support the formation of outline and caps (Table 1). The application areas were surrounded with black bags to not be affected by each other. Furthermore, a control application using a fluorescent lamp was conducted for a duration of 8 hours (Atila, 2017). During this period, the room temperature was adjusted to $16-18^{\circ}\text{C}$, and the humidity was maintained at 85-90%. Maintenance procedures such as ventilation were carried out (Stamets, 1993). In this research, the total amount of the product obtained from each unit in a production period was calculated over 4 kg substrates and determined as total yield (g). The number of days until pinhead initiation, the number of days until the first harvest and the total number of mushrooms were determined. Average mushroom weight, cap diameter, stem diameter and stem length were determined.

Table 1. Light colours and duration of lighting used in the experiment

Çizelge 1. Denemede kullanılan ışık renkleri ve aydınlatma süreleri

Application code	Duration of lighting (hours)	Colour
Control	8	Fluorescent
W:8	8	White
R:8	8	Red
B:8	8	Blue
G:8	8	Green
W:12	12	White
R:12	12	Red
B:12	12	Blue
G:12	12	Green

Statistical analysis

All statistical analyses were carried out with SPSS (version 16). One-way ANOVA was used to assess the statistical significance of the results between groups. The means were compared using Duncan multiple range test ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of light colour and lighting duration on the production process and yield of *Pleurotus ostreatus*

A significant difference between applications ($p < 0.01$) was found when evaluating the effect of different light colours and durations on the mushroom pinhead initiation time of *P. ostreatus*. Depending on the light colour and duration, pinhead initiation times were 23.38-26.25 days. In all applications, *P. ostreatus* fruiting bodies were harvested between 34.25-36.25 days of production, approximately 9-11 days after pinhead initiation. While R:8 treatment was the latest to pinhead initiation with 26.25 days, R:12 treatment was the latest to harvest mushrooms with 36.25 days. Girmay et al. (2016), reported that pinhead initiation occurred on the 17th day and harvesting of mature mushrooms occurred on the 27th day in the study they conducted in compost prepared using cotton seeds. In the studies, it is generally reported that the time taken for pinhead initiation in *P. ostreatus* mushrooms varies between 20-27th day depending on the medium used (Fan et al., 2000). At the end of the production period was analyzed, 851.88 to 970.50 g/4 kg substrates was harvested and the difference between the applications was not statistically significant ($p > 0.05$) (Table 2). In a study using cotton seed substrate, the mushroom yield was reported to be 277.30 g/kg (Girmay et al., 2016), while in another study it was reported as 312.4 g/kg (Atila, 2017). The data obtained in the study were found similar to the previous studies. Siwulski et al. (2013) investigated the effects of fluorescent lamps on different *P. ostreatus* strains depending on different light intensity and illumination times and reported that the mushroom yields obtained with 6 h/day illumination were lower than 10-14 h/day, and the highest mushroom yield was obtained with 14 h/day illumination at 500 and 700 lx illumination intensity. Jang et al. (2014) reported that the highest product amount in *P. ostreatus* was obtained in blue+white light. In studies with other mushroom species, it has been reported that blue light induces pigmentation during shiitake protoplast oogenesis (Leatham & Stahmann, 1987), and blue light affects pinhead initiation and basidiocarp growth in *Coprinus stercorarius* (Ellis et al., 1999). It was also reported that higher mycelial biomass was formed in the liquid culture of reishi mushrooms under blue light (425-475 nm) (Zapata et al., 2009). However, no significant effect of blue light on yield and earliness of mushrooms was observed in our study. The difference between the applications in terms of the number of mushrooms was found to be significant and the highest number of mushrooms was obtained from W:8 (65.50) and G:8 (64.00).

Table 2. The effect of light colour and lighting duration on the production process and the yield of *Pleurotus ostreatus*

Çizelge 2. Işık rengi ve ışıklandırma süresinin *Pleurotus ostreatus*'un üretim süreci ve verimine etkisi

Application	Number of days until pinhead initiation (days)	Number of days until the first harvest (days)	Total yield (g/4 kg growing substrate)	Number of fruit bodies (mushroom/4 kg growing substrate)
Control	24,25±0,37 ^{ab}	35,13±0,13 ^{ab}	868.88	54,00±3,09 ^{abc}
W:8	25,50±0,38 ^{bc}	34,63±0,38 ^a	970.50	65,50±5,49 ^a
R:8	26,25±0,41 ^c	35,25±0,16 ^{ab}	893.25	59,50±4,65 ^{ab}
B:8	24,63±0,32 ^{abc}	34,25±0,37 ^a	970.38	59,38±2,15 ^{ab}
G:8	24,63±0,56 ^{abc}	34,63±0,38 ^a	851.88	64,00±4,99 ^a
W:12	25,25±0,37 ^{bc}	34,50±0,33 ^a	942.50	45,88±2,55 ^c
R:12	25,50±0,63 ^{bc}	36,25±0,82 ^b	873.63	50,88±3,94 ^{bc}
B:12	25,00±0,19 ^{abc}	34,75±0,25 ^a	903.50	47,13±1,69 ^c
G:12	23,38±0,38 ^a	34,50±0,33 ^a	896.25	49,25±2,70 ^{bc}
p value	<0.001	<0.029	0.190	<0.001

According to Duncan test, there is no significant difference between the applications in the same column and indicated by the same letter.

Effect of light colour and lighting duration on average mushroom weight and fruitbody size of *Pleurotus ostreatus*

The average mushroom weight, fruitbody diameter, stalk diameter and stalk length were determined for different colour and lightening periods and significant differences were found between applications ($p < 0.01$). The average mushroom weight varied between 13.44 and 20.93 g. In terms of fruitbody diameter, the highest value was obtained in B:12 with 9.59 cm, while the lowest values were measured in R:8 and R:12 with 5.97 and 5.92 cm, respectively. Stem diameter varied between 1.37-1.98 cm and the highest value was obtained from B:8 (1.98 cm) and B:12 (1.93 cm). Similarly, the highest values were determined from B:12 and B:8 in terms of stem length (Table 3).

Girmay et al. (2016) investigated the effects of different substrates contents on *P. ostreatus* mushrooms and reported that the diameter of the cap was 6.95 cm, and the stem diameter was 3.11 cm and the stem length was 2.95 cm with cotton seed substrate. In the study researching the effects of light intensity and illumination duration on *P. ostreatus*, the highest cap diameter, stem diameter and length were obtained at 500 and 700 lx illumination intensity and 14 h/day illumination (Siwulski et al., 2013). Jang et al. (2014) investigated the effects of different coloured LED light mixtures on the quality of *P. ostreatus* mushrooms. In the study, the lowest fruitbody diameter value was obtained with green+red light, while mushrooms illuminated with blue+green, green+white, blue+white and fluorescent lamps displayed the same characteristics. In addition, it was reported that the highest value of cap diameter/stem length was found in blue+white colour application, while the highest value of stem length was obtained from green+red colour light application. Blue light appears to be beneficial for mushroom cultivation, other mushrooms reported to increase fruitbody size in blue light include shiitake (Namba et al., 2002) and maitake (Sakamoto et al., 2005).

Table 3. Effect of light colour and lighting duration on average mushroom weight and fruit bodies size of *Pleurotus ostreatus*

Çizelge 3. Işık rengi ve ışıklanma süresinin *Pleurotus ostreatus*'un ortalama mantar ağırlığı ve meyve gövdesi büyüklüğü üzerine etkisi

Application	Average mushroom weight (g)	Cap diameter (cm)	Stem diameter (cm)	Stem length (cm)
Control	16,23±0,86 ^{cde}	6,23±0,46 ^{ef}	1,15±0,07 ^{cd}	1,59±0,07 ^{cd}
W:8	15,48±1,16 ^{de}	9,21±0,51 ^{ab}	1,83±0,08 ^{ab}	1,77±0,06 ^{bc}
R:8	15,46±0,83 ^{de}	5,97±0,19 ^f	1,40±0,02 ^d	1,46±0,03 ^d
B:8	16,46±0,48 ^{bode}	8,42±0,22 ^{abc}	1,98±0,06 ^a	2,02±0,06 ^a
G:8	13,44±0,63 ^e	6,76±0,53 ^{def}	1,67±0,07 ^{bc}	1,73±0,07 ^{bc}
W:12	20,93±1,18 ^a	7,98±0,38 ^{bcd}	1,86±0,09 ^{ab}	1,91±0,13 ^{ab}
R:12	17,72±1,06 ^{bcd}	5,92±0,55 ^f	1,47±0,07 ^{cd}	1,53±0,05 ^{cd}
B:12	19,30±0,64 ^{ab}	9,59±0,34 ^a	1,93±0,05 ^a	2,03±0,05 ^a
G:12	18,56±1,44 ^{abc}	7,50±0,53 ^{cde}	1,70±0,06 ^{bc}	1,76±0,10 ^{bc}
p value	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000

According to Duncan test, there is no significant difference between the applications in the same column and indicated by the same letter.

Figure 6 shows the photographs from *Pleurotus ostreatus* production under different light colour and duration.



Control (Fluorescent / 8 hrs)



R:8



B:8



G:8



W:8



R:12



B:12



G:12



W:12

Figure 6. *Pleurotus ostreatus* production under different light colour and lighting duration.

Şekil 6. Farklı ışık rengi ve aydınlanma sürelerinde *Pleurotus ostreatus* üretimi.

CONCLUSION

According to the results obtained in the study, wavelength and duration of light do not affect yield and earliness of *Pleurotus ostreatus* mushroom. However, it was observed that blue light had positive effects on fruitbody size which were among the quality criteria. However, the effects of light wavelength and duration on the storage process and bioactive content of the mushroom should be investigated in detail in further studies.

Data Availability

The data is kept confidential for further study reason.

Author Contributions

Conception and design of the study: TA, MÇ, LÖA; sample collection: TA, MÇ, LÖA; analysis and interpretation of data: TA, MÇ, LÖA; statistical analysis: TA, MÇ, LÖA; visualization: TA, MÇ, LÖA; writing manuscript: TA, MÇ, LÖA.

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 has no financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Dr. Emrah ZEYBEKOĞLU.

REFERENCES

- Anonymous, 2011. Arduino. (Web page: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Arduino&oldid=31035268>) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2015. DS3231, (Web page: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS3231.pdf>) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2018. 16-Channel Relay Module Board. (Web page: https://www.uctronics.com/download/Amazon/U604302_print.pdf) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2023. SMD LED. (Web page: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMD_LED&oldid=1172932698) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2024. Visible spectrum. (Web page: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Visible_spectrum&oldid=1211564204) (Date accessed: March 2024).
- ARDUINO, 2024. Mega 2560 Rev3 Arduino Documentation. (Web page: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/>) (Date accessed: March 2024).
- Atila, F., 2017. Biodegradation of different agro-industrial wastes through the cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr) Kummer. Journal of Biological and Environmental Sciences, 2017: 11-12.
- Ellis, R. J., G. A. Bragdon & B. J. Schlosser, 1999. Properties of the blue light requirements for primordia initiation and basidiocarp maturation in *Coprinus stercorarius*. Mycological Research, 103 (6): 779-784. <https://doi.org/10.1017/S0953756298007722>
- Fan, L., A. Pandey, R. Mohan & C. R. Soccol, 2000. Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation. Acta Biotechnologica, 20 (1): 41-52. <https://doi.org/10.1002/abio.370200108>

- Fuller, K. K., J. J. Loros & J. C. Dunlap, 2015. Fungal photobiology: Visible light as a signal for stress, space and time. *Current Genetics*, 61 (3): 275-288. <https://doi.org/10.1007/s00294-014-0451-0>
- Girmay, Z., W. Gorems, G. Birhanu & S. Zewdie, 2016. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6 (1): 87. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>
- Jang, M.J., Y.H. Lee, Y.C. Ju, S.M. Kim & H.M. Koo, 2014. The suitable mixed LED and light intensity for cultivation of oyster mushroom. *Journal of Mushroom*, 12 (4): 258-262. <https://doi.org/10.14480/JM.2014.12.4.258>
- Kap-Duk, L., 2000. An action spectrum for light-induced growth rate in *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Life Science*, 10 (5): 519-523.
- Khan, Md. A. & M. Tania, 2012. Nutritional and Medicinal Importance of *Pleurotus* Mushrooms: An Overview. *Food Reviews International*, 28 (3): 313-329. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.637267>
- Leatham, G. F. & M. A. Stahmann, 1987. Effect of light and aeration on fruiting of *Lentinula edodes*. *Transactions of the British Mycological Society*, 88 (1): 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(87\)80180-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(87)80180-8)
- Marim, R. A., K. V. Avelino, M. I. W. Halabura, N. L. Araujo, T. T. Santana, G. A. Linde & J. S. D. Valle, 2020. *Lentinus crinitus* response to blue light on carbohydrate-active enzymes. *Bioscience Journal*, 36 (3): 924-931. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n3a2020-49986>
- MAXIM, 2003. MAX485 Description. (Web page: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73463/MAXIM/MAX485.html>) (Date accessed: March 2024).
- MICROCHIP, 2003. AT24C32 2-Wire Serial EEPROM. (Web page: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0336.pdf>) (Date accessed: March 2024).
- Nakano, Y., H. Fujii & M. Kojima, 2010. Identification of blue-light photo response genes in oyster mushroom mycelia. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74 (10): 2160-2165. <https://doi.org/10.1271/bbb.100565>
- Namba, K., S. Inatomi, K. Mori, M. Shimosaka & M. Okazaki, 2002. Effects of LED lights on fruit-body production in *Hypsizygus marmoreus*. *Mushroom Science and Biotechnology*, 10 (3): 141-146. https://doi.org/10.24465/apmsb.10.3_141
- Poyedinok, N., A. Negriyko & O. Mikhailova, 2015. Effects of light wavelengths and coherence on basidiospores germination. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4 (4): 352-357. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.4.352-357>
- Roshita, I. & S. Y. Goh, 2018. "Effect of exposure to different colors light emitting diode on the yield and physical properties of grey and white oyster mushrooms, 1-7". *Proceedings of the 4th International Conference on Green Design and Manufacture 2018*, (29-30 April 2018, Ho Chi Minh Vietnam), AIP Publishing 2030 (2): 020110, 2191 pp. <https://doi.org/10.1063/1.5066751>
- Royse, D. J., 1991. "Yield stimulation of *Pleurotus flabellatus* by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw, 545-547". *Mushroom Science XIII. Volume 2. Proceedings of the 13th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi*, (1-6 September 1991, Dublin), 852 pp.
- Ryu, J.-S., K.S. Na, J.H. Kim, J. W. Lee & H.M. Gwon, 2023. The effect of RGB LED lights on oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) fruit-body characteristics. *Journal of Mushroom*, 21 (3): 132-139. <https://doi.org/10.14480/JM.2023.21.3.132>
- Sakamoto, K., K. Jinno, K. Sasaki, H. Nogami, N. Furusawa, T. Ogawa, J. Hiramata & T. Miyamoto, 2005. Analysis on Genes Expressed during Photomorphogenesis of the Fruiting Bodies in *Pholiota nameko*. *Shokubutsu Kankyo Kogaku*, 17 (1): 3-10. <https://doi.org/10.2525/shita.17.3>
- Sharma, B. B., 2004. Effect of duration of light on radial growth of pink oyster mushroom. *Indian Phytopathology*, 57 (2): 234.
- Siwulski, M., M. Ziombra & K. Sobieralski, 2013. Impact of light on yielding of some *Pleurotus* sp. strains. *Acta Mycologica*, 47: 65-73. <https://doi.org/10.5586/am.2012.008>
- Stamets, P., 1993. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Ten Speed Press Hon Kong, 554 pp. ISBN:0-89815-608-4
- Taofiq, O., A. Fernandes, L. Barros, M. Barreiro & I. Ferreira, 2017. UV-irradiated mushrooms as a source of vitamin D2: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 70 (1): 82-94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.008>
- Trukhonovets, V. V., 1991. Effect of illumination intensity on the formation of fruiting bodies in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. 48 (2): 67-72.

- Wang, H., X. Tong, F. Tian, C. Jia, C. Li & Y. Li 2020. Transcriptomic profiling sheds light on the blue-light and red-light response of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *AMB Express*, 10 (1): 10. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-0951-x>
- WEINTEK, 2017. MT6000/8000iE series Installation Instruction. (Web page: https://dl.weintek.com/public/MT8000iE/eng/Installation/GME608IE0_MT6070_8070_8100iE_Installation.pdf) (Date accessed: March 2024).
- Wu, J.Y., H. Chen, M. Chen, S. Kan, C. Shieh & Y. Liu, 2013. Quantitative analysis of LED effects on edible mushroom *Pleurotus eryngii* in solid and submerged cultures. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88 (10): 1841-1846. <https://doi.org/10.1002/ictb.4038>
- Ye, D., F. Du, Q. Hu, Y. Zou & X. Bai, 2021. Transcriptome analysis reveals candidate genes involved in light-induced primordium differentiation in *Pleurotus eryngii*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (1): 435. <https://doi.org/10.3390/ijms23010435>
- Yue, G., 2020. "Design of intelligent monitoring and control system based on Modbus, 149-153". 2020 5th International Conference on Communication, Image and Signal Processing (CCISP) (13-15 November 2020, Chengdu-China), IEEE Publication, 313 pp. <https://doi.org/10.1109/CCISP51026.2020.9273500>
- Zapata, P., D. Rojas-Vahos, D. Ramirez, C. Fernandez & L. Atehortua, 2009. Effect of different light-emitting diodes on mycelial biomass production of ling zhi or reishi medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (W. Curt.: Fr.) P. Karst. (Aphylophoromycetideae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 11 (1): 93-99. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v11.i1.110>
- Zawadzka, A., A. Janczewska, J. Kobus-Cisowska, M. Dziedziński, M. Siwulski, E. Czarniecka-Skubina & K. Stuper-Szablewska, 2022. The effect of light conditions on the content of selected active ingredients in anatomical parts of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.). *PLOS ONE*, 17 (1): e0262279. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262279>
- Zervakis, G. & C. Balis, 1996. A pluralistic approach in the study of *Pleurotus* species with emphasis on compatibility and physiology of the European morphotaxa. *Mycological Research*, 100 (6): 717-731. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(96\)80205-X](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(96)80205-X)
- Zhang, J., X. Yu, B. Xu, A. E. Yagoub, A. T. Mustapha & C. Zhou, 2021. Effect of intensive pulsed light on the activity, structure, physico-chemical properties and surface topography of polyphenol oxidase from mushroom. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72: 102741. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102741>



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):449-459
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1461733>

Sercan PAZARLAR ¹

Eray ŞİMŞEK ^{2*}

¹ Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ege University, İzmir, Türkiye

² Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Harran University, Şanlıurfa, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eraysim@harran.edu.tr

Keywords: Biocontrol agents, fungal endophyte, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, plant defense, *Serendipita indica*

Anahtar sözcükler: Biyolojik kontrol, fungal endofit, *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, bitki savunması ajanı, *Serendipita indica*

The endophytic fungus *Serendipita indica* colonization protects chickpea plants against *Fusarium* wilt disease

Endofitik fungus *Serendipita indica* kolonizasyonu nohut bitkilerini *Fusarium solgunluğu* hastalığına karşı korumaktadır

Received (Alınış): 30.03.2024

Accepted (Kabul Tarihi):18.10.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to assess the efficacy of *Serendipita indica*, a basidiomycete endophyte, as a biological control agent against *Fusarium* wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in disease susceptible chickpea cultivar JG62.

Material and Methods: Chlamydospores of *Serendipita indica* were applied to the roots of the germinated JG62 variety, followed by inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* race 5 one week after the application. Disease severity and plant fresh weight were measured 25 days after inoculation. The colonization pattern of *Serendipita indica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* were monitored by quantifying fungal DNA using qPCR over time. The antagonistic interactions between the fungi were determined using the dual-culture method.

Results: *Serendipita indica* successfully colonized the chickpea roots leading to a decrease in biomass of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in the roots and diminished the overall symptoms such as wilting and yellowing caused by *Fusarium* infection. Besides, direct antagonistic effect of *Serendipita indica* was found against *Fusarium in vivo* conditions.

Conclusion: These results indicate the potential of *Serendipita indica* as a biological control agent in developing sustainable strategies for managing *Fusarium* wilt of chickpea.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, nohutlarda *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* tarafından kaynaklanan *Fusarium solgunluğu* hastalığına karşı biyolojik kontrol ajanı olarak *Serendipita indica* adlı bir basidiomycete endofit fungusun etkinliğini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem: *Serendipita indica* klamidosporları çimlendirilen JG62 çeşidinin köklerine uygulanmış ve uygulamadan 1 hafta sonra *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* ırk 5 inokulasyonu yapılmıştır. Hastalık şiddeti ve bitki yaş ağırlığı inokulasyondan 25 gün sonra ölçülmüştür. *Serendipita indica* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* kolonizasyonu fungal DNA miktarının zamana bağlı olarak qPCR ile belirlenmesiyle izlenmiştir. Funguslar arasındaki antagonistik etkileşimler ikili-kültür yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: *Serendipita indica* başarılı bir şekilde nohut köklerini kolonize ederek köklerdeki *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* biyomasının azalmasına ve *Fusarium enfeksiyonu* sonucu ortaya çıkan solgunluk ve sararma gibi belirtilerin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca, *Serendipita indica*'nın *Fusarium solgunluğu etmenine* karşı doğrudan antagonistik etkisi bulunmuştur.

Sonuç: Bu sonuçlar, nohutta *Fusarium solgunluğu*na karşı sürdürülebilir stratejiler geliştirmede *Serendipita indica*'nın biyolojik kontrol ajanı olarak potansiyelini göstermektedir.

INTRODUCTION

Fusarium wilt of chickpea, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (*Foc*), is recognized as a significant soil-borne disease affecting chickpea, leading to wilting at various stages, from seedling to podding (Navas-Cortés et al., 2000; Sharma et al., 2005; Jiménez-Díaz et al., 2015; Jendoubi et al., 2017). Fusarium wilt represents a globally significant pathogenic threat to chickpea cultivation, exerting substantial impact on the crop's health and productivity (Kumar et al., 2015; Jendoubi et al., 2017). Chlamydospores as highly infectious asexual spores present in the soil serve as the main source of inoculation for Fusarium wilt in chickpeas. *Foc* penetrates the roots either directly or through the wounds, colonizes intercellular spaces of the root cortex, and ultimately invades the xylem vessels, resulting in mostly wilting, yellowing and necrosis of foliage (Jiménez-Díaz et al., 2015; Bhar et al., 2021).

Foc chlamydospores exhibit a remarkable ability to persist in soil for an extended duration of up to six years, even in the absence of a suitable host (Haware et al., 1996). This resilient characteristic poses a significant challenge to the effective control of the pathogen. Given their nature as soil pathogens, managing these organisms through synthetic fungicides poses considerable challenges and is not applicable most of the time (Dubey et al., 2007). Furthermore, their colonization predominantly within the xylem and root cortex of the plant impedes effective chemical delivery to these specific regions. Despite the demonstrated efficacy of certain fungicides in managing this disease *in vivo*, it is imperative to acknowledge the potential risks associated with their practical application, particularly concerning human and environmental health (Jamil & Ashraf, 2020). Meanwhile, Fusarium wilt is primarily managed through the cultivation of resistant cultivars and the most cost-effective and environmentally friendly approach to control Fusarium wilt is the utilization of resistant cultivars, whenever they are accessible (Landa et al., 2007; Li et al., 2015; Bharadwaj et al., 2022; Yadav et al., 2023). However, it should be noted that the resistance, especially controlled by a single R gene, can be easily overcome by different *Foc* races.

The challenge of managing Fusarium wilt, along with similar soil-borne wilt diseases, has prompted researchers to investigate biological control methods mainly in the last decade (Soltanzadeh et al., 2016; Bubici et al., 2019; Kumari & Khanna, 2020; Poveda, 2021; Akbaba & Genc, 2024). Plant-associated endophytic fungi, constitute a biodiverse group of microorganisms typically present asymptotically within plant tissues or intercellular spaces. It has been showed that endophytic fungi play a crucial role in promoting the growth of host plants by directly producing secondary metabolites, thereby enhancing the plants' resistance to both biotic and abiotic stresses (Phurailatpam & Mishra, 2020; Fontana et al., 2021; Lu et al., 2021; Chaudhary et al., 2022).

Serendipita indica (*S. indica*), formerly known as *Piriformospora indica* is a basidiomycete that colonizes plant roots as an endophyte and it has gained significant attention in recent decades due to its broad host range and the various beneficial effects on its host in terms of protection and growth support (Verma et al., 1998; Singhal et al., 2017; Saleem et al., 2022; Roylawar et al., 2023). *S. indica* can colonize a wide range of plants including mono- and dicotyledonous species and establish symbiotic associations with them (Qiang et al., 2012). *Serendipita indica* has a capability to suppress the immune system, which is crucial for its biotrophic root colonization (Daneshkhah et al., 2018). This feature may specifically account for its remarkably wide range of host compatibility (Jacobs et al., 2011). The most agriculturally significant advantages include promoting growth, increasing seed yield, and enhancing resistance or tolerance to both biotic and abiotic stresses (Singhal et al., 2017; Boorboori & Zhang, 2022; Saleem et al., 2022). *Serendipita indica* exhibits similarities to typical arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in terms of growth promotion, morphological features, and functional characteristics (Aslam et al., 2019).

Serendipita indica has proven to be successful against fungal pathogens including necrotrophs such as *Botrytis cinerea* (Narayan et al., 2017) and *Fusarium culmorum* (Harrach et al., 2013), and biotrophs such as *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (Felle et al., 2009) and *Golovinomyces orontii* (Stein et al., 2008). However, it is noteworthy that a significant part of the studies is against soil-borne root rot or wilt diseases, especially caused by *Fusarium* species. Many studies from independent groups have shown

that colonization of tomato roots with *Serendipita* species showed strong potential to decrease the Fusarium wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by enhancing the plant defense mostly (del Barrio-Duque et al., 2019; Ghezel Sefloo et al., 2019; Hallasgo et al., 2022). The findings of Cheng et al., (2020) suggested that *S. indica* colonization may enhance the resistance of banana to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* *FocTR4* which is undoubtedly the biggest threat to global banana production by regulating the activity of antioxidant enzymes. No direct effect was observed between *S.indica* and *FocTR4*, indicating that improved protection depends on indirect interaction rather than antagonistic effect. More recently, significant improvement in morphophysiological parameters of maize plants was reported with the application of *S. indica*-inoculated compared to non-inoculated plants under conditions of drought stress, *Fusarium proliferatum*, and combined of them. Moreover, inoculation with *S. indica* led to an increase in chlorophyll content, suggesting enhanced photosynthesis in maize plants (Noori et al., 2023).

In this study, it is aimed to test the plant protection activity of *S. indica* against Fusarium wilt disease, as well as plant growth promoting features in chickpea under growth chamber conditions. The colonization levels of both *Foc5* and *S. indica* in a time dependent manner was monitored. The study provides evidence that colonization of chickpea roots with *S. indica* prevents the colonization of *Foc* resulting the reduction in disease severity.

MATERIAL AND METHODS

Plant materials, *S. indica* inoculations and growth conditions

The wild-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype 'JG62' seeds were kindly provided by Assoc. Prof. Dr. Abdullah Kahraman (Harran University, Türkiye). The seeds were surface sterilized by soaking 2% sodium hypochlorite for 3 min, followed by rinsing 5 times with sterile water. Seeds were then germinated between sterile filter paper layers moistened with 1 mM calcium sulfate solution in the dark conditions for 5 days at 25°C.

Serendipita indica (IPAZ-11827) was kindly provided by Dr. Jafargholi Imani (Justus Liebig University Giessen, Research Centre for BioSystems, Land Use and Nutrition, Institute of Phytopathology, Giessen, Germany) and grown on PDA (potato dextrose agar) medium for 8-10 days at 25°C. Mycelial plugs transferred to the PDB (potato dextrose broth) medium were further cultivated at 25°C and 120 rpm. Chlamydospores were harvested from 7 days of cultures, washed three times with sterile water and adjusted to a final concentration of 1×10^5 chlamydospore mL^{-1} in sterile water supplemented with Tween-20 (0.002%).

Roots of 5-day-old seedlings were inoculated with *S. indica* chlamydospores by the root dipping method, followed by the planting to the pots filled with soil:perlite:peat mixture (1:1:1 v/v/v). Plants were grown in walk-in growth chambers with a 16-hours light/8- hours dark photoperiod with $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Mock plants were treated with sterile water containing Tween-20.

Pathogen inoculation and disease assessment

Fusarium oxysporum f. sp. *ciceris* strain *Foc5* was kindly provided by Prof. Dr. Canan Can (Gaziantep University, Türkiye) and cultured on PDA at 25°C in the dark for 7 days. Mycelial plugs were transferred to the PDB medium for spore production and cultivated at 25°C for 5 days under constant shaking at 120 rpm at dark conditions. The conidial suspension was filtered through several layers of cheesecloth, washed several times with sterile water and the concentration was adjusted to 1×10^7 conidia mL^{-1} . One week after *S. indica* treatment, plants were uprooted and dipped into *Foc* spore suspension for 5 min. Inoculated plants were re-planted to the same pots. Control plants were treated with sterile water by using the same method.

The level of disease was scored based on the external symptoms such as wilting, yellowing and necrosis (0-4 scale) 25 days after inoculation: 0= no lesions and 1= 1 to 33%, 2= 34 to 66%, 3= 67–100 and 4= dead plants (Navas-Cortés et al., 1998). Demonstration of scale used in this study was given in Figure 1. Shoot fresh weight was also taken after disease assessment.



Figure 1. Disease scoring scale used for the assessment of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race5) infection.

Şekil 2. *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (ırk5)'in enfeksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan hastalık skorlama skalası.

Quantification of *S. indica* and *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* colonization by real-time PCR

The relative quantification of fungal colonization was done by calculating the ratio of either *S. indica* or *Foc* DNA to chickpea DNA. Plant roots were carefully harvested, washed several times gently with tap water to remove growth medium particles and flash-frozen in liquid nitrogen. Genomic DNA was isolated from roots by applying CTAB method described by Doyle & Doyle, (1987), and diluted to 20 ng μl^{-1} . qPCR was performed with primers specific for *S. indica* Internal Transcribed Spacer (ITS) gene, *Foc5* 5.8 ribosomal DNA (5.8 rDNA) gene or *C. arietinum* L. *Elongation factor 1 α* (*Ef1 α*) using PikoReal 96 real-time PCR system (Thermo Scientific, Burlington, Canada) and RealQ Plus 2x Master Mix Green without ROX (Ampliqon, Denmark) according to instructions from the manufacturer. Primer sequences used in this study as follows: *S. indica* ITS forward 5'-CAACACATGTGCACGTCGAT-3' and *S. indica* ITS reverse 5'-CCAATGTGCATTCAGAACGA-3' (Deshmukh et al., 2006), *Foc5* 5.8 rDNA forward 5'-GTTGAAATGACGCTCGAACA-3' and *Foc5* 5.8 rDNA reverse 5'-GCCAGAGGACCCCTAAACTC-3' (Chakraborty et al., 2020). Cycling conditions were 15 min at 95°C followed by 35 cycles of 20 s at 95°C, 30 s at 60°C, 30 s at 72°C.

In vitro confrontation assay for direct antifungal activity

The study conducted an *in vitro* assessment to investigate the potential antagonistic capability of our *S. indica* isolate against *Foc* using a dual culture assay (Sun et al., 2014). Mycelial plugs (6 mm diameter) of *S. indica* and *Foc* were obtained from the edges of 7-d-old actively growing colonies on PDA and were placed opposite to each other at the edge of 9 cm diameter sterile petri dishes containing PDA. Plates were incubated at 25°C in the dark for 7 d.

Statistical analysis

The statistical analysis of the data was conducted utilizing GraphPad Prism version 9 software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA). Data points are presented as the mean values accompanied by standard error (SE). A minimum of 15 biological replicates were utilized for disease assessment and fresh growth analyses. Additionally, for biomass determination of *S. indica* and *Foc*, a

minimum of 5 biological replicates were used. The assessment of normality and homogeneity of variance was conducted utilizing the Shapiro-Wilk test. Subsequently, the comparison of mean values for the measured parameters was performed using Student's *t*-test.

RESULTS and DISCUSSION

The mechanism of action of most biological plant protection products is based on direct of the antimicrobial products on phytopathogens. Utilizing biocontrol agents that directly colonize plants and enhance plant defense represents a potentially more sustainable strategy, which may exhibit more resilience to external environmental influences. *S. indica* as a fungal endophyte, has gained significant attention recently due to its capability to colonize a wide range of plant species and enhance plant performance against diverse stress factors. Here, it is evaluated that the efficacy of *S. indica* in managing Fusarium wilt in chickpea, a particularly challenging task as Fusarium wilt invades the roots and vascular systems of the plants.

To verify and monitor the root colonization of *S. indica*, its DNA was quantified by qPCR. Relative biomass data indicated that *S. indica* successfully colonized chickpea roots and although no significant difference was observed between 7 and 14 days, the colonization ratio of *S. indica* increased over time (Figure 2). Successful colonization of chickpea roots by *S. indica* was also shown before by using histochemical analysis (Narayan et al., 2017).

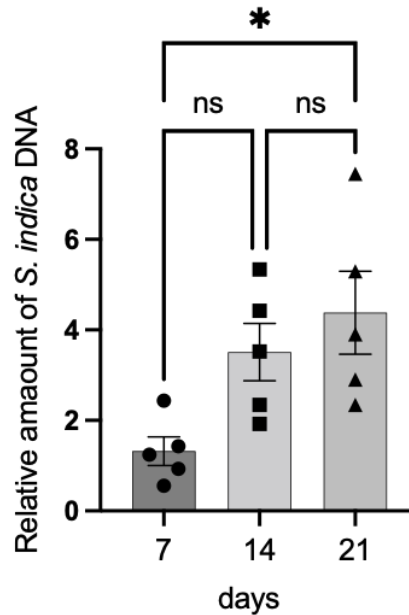


Figure 2. Relative amount of *Serendipita indica* DNA obtained from plant tissue.

Şekil 2. Bitki dokusundan elde edilen *Serendipita indica* DNA'sının bağıl miktarı.

Twenty-five days after pathogen inoculation, the disease symptoms of chickpea seedlings, inoculated either with *S. indica* or mock treatment, were assessed. It was found that plants pre-inoculated with *S. indica* exhibited significantly lower disease symptoms such as wilting and yellowing compared to those in the mock group (Figure 3A, 3C). Besides, *S. indica* contributed to the increase in average plant fresh weight. Similarly, plants pretreated with *S. indica* showed higher biomass than mock-treated plants in *Foc* inoculated groups (Figure 3B, 3C).

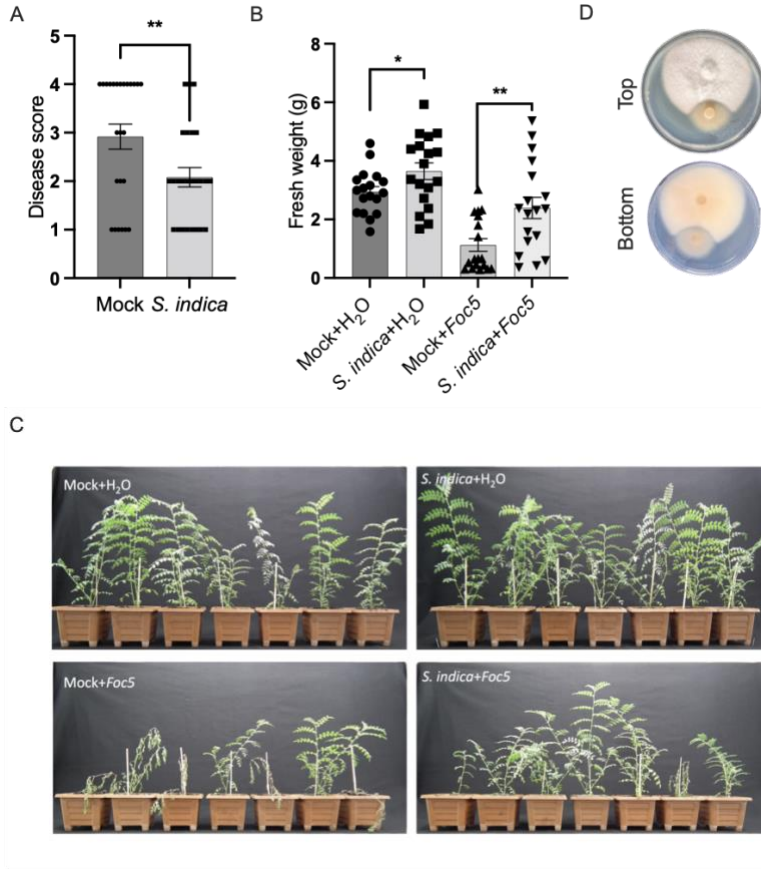


Figure 3. Disease score of mock and *S. indica* inoculated chickpea plants (A), Fresh weight of experimental groups (B), Representative pictures of the experimental groups (C), *In vitro* confrontation plate (D), (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

Şekil 3. Mock ve *S. indica* ile aşılانmış nohut bitkilerinin hastalık skoru (A), Deney gruplarının yaş ağırlıkları (B), deney gruplarının temsili fotoğrafları (C), *In vitro* karşılaştırma testi (D), (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

The *Foc* colonization of chickpea roots was also monitored. The progression of *Fusarium* colonization was comparable in roots treated with either mock or *S. indica* after 7 days post-inoculation (dpi). However, the *Foc*'s progression was notably found suppressed by *S. indica* 14 and 21 dpi (Figure 4).

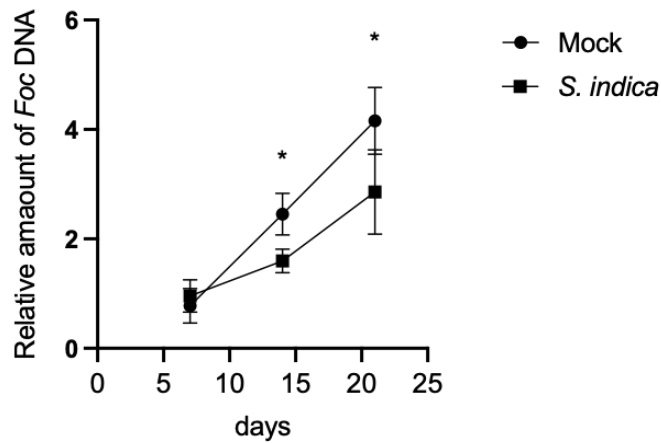


Figure 4. Relative amount of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race5) (* $P < 0.05$)

Şekil 4. *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (ırk5)'in oransal miktarı (* $P < 0.05$)

Narayan et al. (2017) showed that chickpea plants colonized with *S. indica* exhibited significant increase in plant biomass and root development compared to control treated plants. A significant reduction in disease caused by necrotrophic pathogen *B. cinerea* was also observed in *S. indica* treated plants. In contrast, it has been reported that *S. indica* alone causes a decrease in dry plant biomass in the early period of colonization in chickpea, however when applied in combination with *Pseudomonas striata*, a phosphate-solubilizing bacterium, it has a positive effect on plant biomass (Meena et al., 2009). Furthermore, Combination of *S. indica* with *Mesorhizobium cicer* and *Pseudomonas* spp. has found to have a synergistic effect on bioaugmentation of chickpea productivity (Mansotra et al., 2015).

Serendipita indica does not exhibit a direct antagonistic effect on various *Fusarium* species such as *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* (Huang et al., 2024), and *F. graminearum* (Deshmukh & Kogel, 2007; Li & Guo, 2022), *F. culmorum* (Rabiey et al., 2015). However, it has been previously shown that soil-borne pathogen *Verticillium dahliae* is inhibited by *S. indica* *in vitro* conditions (Sun et al., 2014). The interactions of *Foc* and *S. indica* were examined *in vitro* conditions using the dual culture method and a weak antagonistic effect against *Foc* was observed (Figure 3D) indicating that improved protection could be related with direct antagonism. *S. indica* delivers its effectors into host cells to manipulate host metabolism for successful colonization (Nizam et al., 2019). These effectors trigger several plant responses leading to enhanced defense against phytopathogens. Induced systemic resistance (ISR) is one of two well-established systemic defense response types of plants known to be mainly regulated by jasmonic acid and ethylene hormones (Pieterse et al., 2014). It has been demonstrated that various plant genes, including vegetative storage protein (VSP) (Stein et al., 2008) and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACC oxidase) (Schäfer et al., 2009), which are associated with the jasmonic acid, and ethylene-related pathways, respectively, exhibit upregulation during the *S. indica* symbiotic interaction, which indicates ISR could be a part of response following *S. indica* colonization. *S. indica* can trigger transcriptional regulation of antioxidant-related genes and/or the production of antioxidant enzymes such as peroxidase and superoxide dismutase (Nassimi & Taheri, 2017; Li & Guo, 2022). Based on these, it is speculated that improved protection against *Foc* in chickpea plants could also be related to the enhanced plant defense responses triggered by *S. indica*.

CONCLUSIONS

The findings reveal a distinct reduction in *Foc* colonization in chickpea inoculated with *S. indica* as compared to mock inoculation. This situation has been consistent with the plant fresh weight and disease scoring data. These results present preliminary evidence supporting the prospective application of *S. indica* fungus as a viable biological control agent against *Foc* in chickpea plants. This study contributes to the expanding knowledge base on the potential utilization of *S. indica* in enhancing resistance against specific pathogens in chickpea cultivation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Abdullah Kahraman (Harran University, Türkiye) for providing *Fusarium* disease susceptible chickpea variety and Prof. Dr. Canan Can (Gaziantep University, Türkiye) for providing *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race 5) isolate. The authors also thank Dr. Jafargholi Imani (Justus Liebig University Giessen, Research Centre for BioSystems, Land Use and Nutrition, Institute of Phytopathology, Giessen, Germany) for providing *S. indica* strain.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

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

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

The authors did not receive support from any organization for the submitted work.

Article Description

This article was edited by Editor in Chief Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI.

REFERENCES

- Akbaba, M. & T. Genc, 2024. Domateste toprak kökenli fungal patojenlerin mücadelesinde rizobakterilerin kullanılma potansiyeli. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 60 (4): 705-721. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1342790>
- Aslam, M.M., J. Karanja & S.K. Bello, 2019. *Piriformospora indica* colonization reprograms plants to improved P-uptake, enhanced crop performance, and biotic/abiotic stress tolerance. Physiological and Molecular Plant Pathology, 106: 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.02.010>
- Bhar, A., A. Jain & S. Das, 2021. Soil pathogen, *Fusarium oxysporum* induced wilt disease in chickpea: A review on its dynamicity and possible control strategies. Proceedings of the Indian National Science Academy, 87 (2): 260-274. <https://doi.org/10.1007/s43538-021-00030-9>
- Bharadwaj, C., J. Jorben, A. Rao, M. Roorkiwal, V. Jayalakshmi, A. Chitkineni, S. Singh, I. Singh, A. Pratap, G. P. Dixit, A. K. Srivastava & R. K. Varshney, 2022. Development of high yielding fusarium wilt resistant cultivar by pyramiding of "genes" through marker-assisted backcrossing in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in Genetics, 13: 924287. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.924287>
- Boorboori, M. R. & H.Y. Zhang, 2022. The role of *Serendipita indica* (*Piriformospora indica*) in improving plant resistance to drought and salinity stresses. Biology, 11 (7): 952. <https://doi.org/10.3390/biology11070952>
- Bubici, G., M. Kaushal, M.I. Prigigallo, C. Gómez-Lama Cabanás & J. Mercado-Blanco, 2019. Biological control agents against fusarium wilt of banana. Frontiers in Microbiology, 10: 616. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00616>
- Chakraborty, J., S. Sen, P. Ghosh, A. Jain & S. Das, 2020. Inhibition of multiple defense responsive pathways by CaWRKY70 transcription factor promotes susceptibility in chickpea under *Fusarium oxysporum* stress condition. BMC Plant Biology, 20: 319. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02527-9>
- Chaudhary, P., U. Agri, A. Chaudhary, A. Kumar & G. Kumar, 2022. Endophytes and their potential in biotic stress management and crop production. Frontiers in Microbiology, 13: 933017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.933017>
- Cheng, C., D. Li, Q. Qi, X. Sun, M.R. Anue, B.M. David, Y. Zhang, X. Hao, Z. Zhang & Z. Lai, 2020. The root endophytic fungus *Serendipita indica* improves resistance of Banana to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4. European Journal of Plant Pathology, 156 (1): 87-100. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01863-3>
- Daneshkhah, R., F.M.W. Grundler & K. Wieczorek 2018. The role of MPK6 as mediator of ethylene/jasmonic acid signaling in *Serendipita indica*-colonized arabidopsis roots. Plant Molecular Biology Reporter, 36 (2): 284-294. <https://doi.org/10.1007/s11105-018-1077-z>
- del Barrio-Duque, A., J. Ley, A. Samad, L. Antonielli, A. Sessitsch & S. Compant, 2019. Beneficial endophytic bacteria-*Serendipita indica* interaction for crop enhancement and resistance to phytopathogens. Frontiers in Microbiology, 10: 2888. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2019.02888>
- Deshmukh, S. D. & K.H. Kogel, 2007. *Piriformospora indica* protects barley from root rot caused by *Fusarium graminearum*. Journal of Plant Diseases and Protection, 114 (6): 263-268.
- Deshmukh, S., R. Hüchelhoven, P. Schäfer, J. Imani, M. Sharma, M. Weiss, F. Waller & K.H. Kogel, 2006. The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103 (49): 18450-18457. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605697103>

- Doyle, J.J. & J.L. Doyle, 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19 (1): 11-15.
- Dubey, S.C., M. Suresh & B. Singh, 2007. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* for integrated management of chickpea wilt. *Biological Control*, 40 (1): 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.06.006>
- Felle, H.H., F. Waller, A. Molitor & K.H. Kogel, 2009. The mycorrhiza fungus *Piriformospora indica* induces fast root-surface pH signaling and primes systemic alkalization of the leaf apoplast upon powdery mildew infection. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 22 (9): 1179-1185. <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-9-1179>
- Fontana, D.C., S. de Paula, A.G. Torres, V.H.M. de Souza, S.F. Pascholati, D. Schmidt & D. Dourado Neto, 2021. Endophytic fungi: biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens*, 10 (5): 570. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050570>
- Ghezel Sefloo, N., K. Wiczeorek, S. Steinkellner & K. Hage-Ahmed, 2019. *Serendipita* species trigger cultivar-specific responses to fusarium wilt in tomato. *Agronomy*, 9 (10): 595. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100595>
- Hallasgo, A.M., C. Hauser, S. Steinkellner & K. Hage-Ahmed, 2022. Single and coinoculation of *Serendipita herbamans* with arbuscular mycorrhizal fungi reduces *Fusarium* wilt in tomato and slows disease progression in the long-term. *Biological Control*, 168 (2022): 104876. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104876>
- Harrach, B.D., H. Baltruschat, B. Barna, J. Fodor & K.H. Kogel, 2013. The mutualistic fungus *Piriformospora indica* protects barley roots from a loss of antioxidant capacity caused by the necrotrophic pathogen *Fusarium culmorum*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 26 (5): 599-605. <https://doi.org/10.1094/MPMI-09-12-0216-R>
- Haware, M. P., Y.L. Nene & M. Natarajan, 1996. The survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in the soil in the absence of chickpea. *Phytopathologia Mediterranea*, 35 (1): 9-12.
- Huang, Y., J. Li, C. Nong, T. Lin, L. Fang, X. Feng, Y. Chen, Y. Lin, Z. Lai & L. Miao, 2024. *Piriformospora indica* enhances resistance to fusarium wilt in strawberry by increasing the activity of superoxide dismutase, peroxidase, and catalase, while reducing the content of malondialdehyde in the roots. *Horticulturae*, 10 (3): 240. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030240>
- Jacobs, S., B. Zechmann, A. Molitor, M. Trujillo, E. Petutschnig, V. Lipka, K.H. Kogel & P. Schäfer, 2011. Broad-spectrum suppression of innate immunity is required for colonization of arabidopsis roots by the fungus *Piriformospora indica*. *Plant Physiology*, 156 (2): 726-740. <https://doi.org/10.1104/PP.111.176446>
- Jamil, A. & S. Ashraf, 2020. Utilization of chemical fungicides in managing the wilt disease of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 53 (17-18): 876-898. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1803705>
- Jendoubi, W., M. Bouhadida, A. Boukteb, M. Béji & M. Kharrat, 2017. Fusarium wilt affecting chickpea crop. *Agriculture*, 7 (3): 23. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE7030023>
- Jiménez-Díaz, R.M., P. Castillo, M. del M. Jiménez-Gasco, B.B. Landa & J. A. Navas-Cortés, 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection*, 73 (February): 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.023>
- Kumar, Y., B.B. Dholakia, P. Panigrahi, N.Y. Kadoo, A.P. Giri & V. S. Gupta, 2015. Metabolic profiling of chickpea-*Fusarium* interaction identifies differential modulation of disease resistance pathways. *Phytochemistry*, 116, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.04.001>
- Kumari, S. & V. Khanna, 2020. Induction of systemic resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* by antagonistic rhizobacteria in assistance with native *Mesorhizobium*. *Current Microbiology*, 77 (1): 85-98. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01805-6>
- Landa, B.B., J.A. Navas-Cortés & R.M. Jiménez-Díaz, 2007. Integrated management of fusarium wilt of chickpea with sowing date. *Host Resistance, and Biological Control*, 94 (9): 946-960. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.946>
- Li, H., M. Rodda, A. Gnanasambandam, M. Aftab, R. Redden, K. Hobson, G. Rosewarne, M. Materne, S. Kaur & A. T. Slater, 2015. Breeding for biotic stress resistance in chickpea: Progress and prospects. *Euphytica*, 204 (2): 257-288. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1462-8>
- Li, L. & N. Guo, 2022. Effect of *Piriformospora indica*-induced systemic resistance and basal immunity against *Rhizoctonia cerealis* and *Fusarium graminearum* in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13: 836940. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836940>

- Lu, H., T. Wei, H. Lou, X. Shu & Q. Chen, 2021. A critical review on communication mechanism within plant-endophytic fungi interactions to cope with biotic and abiotic stresses. *Journal of Fungi*, 7: 719. <https://doi.org/10.3390/jof7090719>
- Mansotra, P., P. Sharma & S. Sharma, 2015. Bioaugmentation of *Mesorhizobium cicer*, *Pseudomonas* spp. and *Piriformospora indica* for sustainable chickpea production. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 21 (3): 385-393. <https://doi.org/10.1007/s12298-015-0296-0>
- Meena, K.K., S. Mesapogu, M. Kumar, M.S. Yandigeri, G. Singh & A.K. Saxena, 2009. Co-inoculation of the endophytic fungus *Piriformospora indica* with the phosphate-solubilising bacterium *Pseudomonas striata* affects population dynamics and plant growth in chickpea. *Biology and Fertility of Soils*, 46 (2): 169-174.
- Narayan, O.P., N. Verma, A.K. Singh, R. Oelmüller, M. Kumar, D. Prasad, R. Kapoor, M. Dua & A.K. Johri, 2017. Antioxidant enzymes in chickpea colonized by *Piriformospora indica* participate in defense against the pathogen *Botrytis cinerea*. *Scientific Reports*, 7: 13553. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12944-w>
- Nassimi, Z. & P. Taheri, 2017. Endophytic fungus *Piriformospora indica* induced systemic resistance against rice sheath blight via affecting hydrogen peroxide and antioxidants. *Biocontrol Science and Technology*, 27 (2): 252-267. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1277690>
- Navas-Cortés, J.A., B. Hau & R.M. Jiménez-Díaz, 1998. Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of fusarium wilt of chickpea. *Phytopathology*, 88 (12): 1338-1346. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.12.1338>
- Navas-Cortés, J.A., B. Hau & R.M. Jiménez-Díaz, 2000. Yield loss in chickpeas in relation to development of fusarium wilt epidemics. *Phytopathology*, 90 (11): 1269-1278.
- Nizam, S., X. Qiang, S. Wawra, R. Nostadt, F. Getzke, F. Schwanke, I. Dreyer, G. Langen & A. Zuccaro, 2019. *Serendipita indica* E5^{NT} modulates extracellular nucleotide levels in the plant apoplast and affects fungal colonization. *EMBO Reports*, 20 (2): e47430. <https://doi.org/10.15252/embr.201847430>
- Noori, F., K. Rahnema, K. Mashayekhi, N. Akbari Oghaz, S.A. Movahedi Naeini & S. Hatamzadeh, 2023. Investigation of the symbiotic relationship between *Serendipita indica* and ZP684 hybrid cultivar of maize plant under a combined condition of root rot disease (*Fusarium proliferatum*) and drought stress. *Biological Control*, 184: 105282. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105282>
- Phurailatpam, L. & S. Mishra, 2020. "Role of Plant Endophytes in Conferring Abiotic Stress Tolerance, 603-628". In: *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives II: Mechanisms of Adaptation and Stress Amelioration* (Eds. M. Hasanuzzaman), Springer, 861 pp. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2172-0_22
- Pieterse, C.M.J., C. Zamioudis, R.L. Berendsen, D.M. Weller, S.C.M.V. Wees & P.A.H.M. Bakker, 2014. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology*, 52: 347-375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>
- Poveda, J., 2021. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Ascochyta rabiei* infecting protected geographical indication fuentesauco-chickpea by *Trichoderma* species. *European Journal of Plant Pathology*, 160 (4): 825-840. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02286-9>
- Qiang, X., M. Weiss, K.H. Kogel & P. Schäfer, 2012. *Piriformospora indica*-A mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. *Molecular Plant Pathology*, 13 (5): 508-518. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00764.x>
- Rabiey, M., I. Ullah & M.W. Shaw, 2015. The endophytic fungus *Piriformospora indica* protects wheat from fusarium crown rot disease in simulated UK autumn conditions. *Plant Pathology*, 64 (5): 1029-1040. <https://doi.org/10.1111/PPA.12335>
- Roylawar, P., K. Khandagale, S. Nanda, P.S. Soumia & S. Gawande, 2023. Colonization of *Serendipita indica* promotes resistance against *Spodoptera exigua* in onion (*Allium cepa* L.). *Frontiers in Microbiology*, 14: 1190942. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1190942>
- Saleem, S., A. Sekara & R. Pokluda, 2022. *Serendipita indica*-A review from agricultural point of view. *Plants*, 11 (24): 3417. <https://doi.org/10.3390/plants11243417>
- Schäfer, P., S. Pfiffli, L.M. Voll, D. Zajic, P.M. Chandler, F. Waller, U. Scholz, J. Pons-Kühnemann, S. Sonnewald, U. Sonnewald & K.H. Kogel, 2009. Manipulation of plant innate immunity and gibberellin as factor of compatibility in the mutualistic association of barley roots with *Piriformospora indica*. *The Plant Journal*, 59 (3): 461-474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2009.03887.x>

- Sharma, K.D., W. Chen & F.J. Muehlbauer, 2005. Genetics of chickpea resistance to five races of fusarium wilt and a concise set of race differentials for *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Plant Disease, 89 (4): 385-390. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0385>
- Singhal, U., R. Prasad & A.Varma, 2017. "*Piriformospora indica* (*Serendipita indica*): The Novel Symbiont, 349-364". In: Mycorrhiza-Function, Diversity, State of the Art (Eds. A. Varma, R. Prasad & N. Tuteja), Springer International Publishing, 396 pp. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53064-2_17
- Soltanzadeh, M., M. Soltani Nejad & G.H. Shahidi Bonjar, 2016. Application of soil-borne actinomycetes for biological control against Fusarium wilt of chickpea (*Cicer arietinum*) caused by *Fusarium solani* f. sp *lisi*. Journal of Phytopathology, 164 (11-12): 967-978. <https://doi.org/10.1111/jph.12517>
- Stein, E., A. Molitor, K.H. Kogel & F. Waller, 2008. Systemic resistance in arabidopsis conferred by the mycorrhizal fungus *Piriformospora indica* requires jasmonic acid signaling and the cytoplasmic function of NPR1. Plant and Cell Physiology, 49 (11): 1747-1751. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn147>
- Sun, C., Y. Shao, K. Vahabi, J. Lu, S. Bhattacharya, S. Dong, K.W. Yeh, I. Sherameti, B. Lou, I. T. Baldwin & R. Oelmüller, 2014. The beneficial fungus *Piriformospora indica* protects *Arabidopsis* from *Verticillium dahlia* infection by downregulation plant defense responses. BMC Plant Biology, 14 (1): 268. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0268-5>
- Verma, S., A. Varma, K.H. Rexer, A. Hassel, G. Kost, A. Sarbhoy, P. Bisen, B. Bütehorn & P. Franken, 1998. *Piriformospora indica*, gen. et sp. nov., a new root-colonizing fungus. Mycologia, 90 (5): 896-903. <https://doi.org/10.1080/00275514.1998.12026983>
- Yadav, R.K., M.K. Tripathi, S. Tiwari, N. Tripathi, R. Asati, V. Patel, R.S. Sikarwar & D.K. Payasi, 2023. Breeding and genomic approaches towards development of fusarium wilt resistance in chickpea. Life, 13 (4): 988. <https://doi.org/10.3390/life13040988>



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):461-474
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1470053>

Emine ŞAHİN¹

Emine KARADEMİR^{2*}

¹ Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Siirt Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, 56800, Siirt, Türkiye

² Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 56100, Siirt, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar)
eminekarademir@siirt.edu.tr

Keywords: Cotton, chlorophyll, fiber quality, magnesium, NDVI, yield

Anahtar sözcükler: Pamuk, klorofil, lif kalitesi, magnezyum, NDVI, verim

Determination of the effect of magnesium applications on yield, fiber quality and chlorophyll content in cotton*

Magnezyum uygulamalarının pamukta verim, lif kalite kriterleri ve klorofil içeriğine etkisinin belirlenmesi

* This article has been summarized from the first author's master dissertation.

Received (Alınış): 19.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this investigation was to determine the effects of different applications of magnesium (Mg) on yield, yield attributes, fiber quality traits, chlorophyll content, and normalized difference vegetative index in cotton.

Material and Methods: In this study 7 different Mg applications were applied, and MAY 455 cotton cultivar and Magnesium Sulphate were used.

Results: It was determined that seed cotton yield, number of nodes of first fruiting branches, number of vegetative branches, number of bolls, height/node ratio, boll weight, fiber strength, uniformity, elongation, and spinning consistency index were affected by magnesium applications. The highest value in terms of the number of bolls, number of vegetative branches and height/node ratio was observed with 200 cc/da Mg application at the squaring stage, while the highest seed cotton yield was recorded with 200 cc/da Mg at flowering stage and Mg application lead to increase 60 kg/da in seed cotton yield. The highest spinning consistency index and uniformity was obtained with 600 cc/da Mg application at the squaring stage, other quality traits were affected by different doses or application stages.

Conclusion: Applying green parts during the squaring or flowering period may be advantageous since magnesium has a positive impact on the yield and certain fiber quality of cotton.

ÖZ

Amaç: Bu araştırmanın amacı, farklı magnezyum (Mg) uygulamalarının pamukta verim, verim kriterleri, lif kalite özellikleri, klorofil içeriği ve normalize edilmiş vejetasyon farklılık indeksi üzerindeki etkilerini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada 7 farklı Mg uygulaması yer almış, MAY 455 pamuk çeşidi ve Magnezyum Sülfat kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Magnezyum uygulamalarının kütlü pamuk verimi, ilk meyve dalı boğum sayısı, odun dalı sayısı, koza sayısı, boy/nod oranı, koza ağırlığı, lif mukavemeti, üniformite, uzama ve iplik olabirlik indeksini etkilediği belirlenmiştir. Koza sayısı, odun dalı sayısı ve boy/nod oranı bakımından en yüksek değer taraklanma döneminde 200 cc/da Mg uygulamasında elde edilirken, en yüksek kütlü pamuk verimi çiçeklenme döneminde 200 cc/da Mg uygulamasından elde edilmiştir. Mg uygulaması pamuk veriminde 60 kg/da artışa yol açmıştır. En yüksek lif üniformitesi ve iplik olabirlik indeksi taraklanma döneminde 600 cc/da Mg uygulamasıyla elde edilmiş, diğer lif kalite özellikleri farklı dozlardan ve farklı uygulama dönemlerinden etkilenmiştir.

Sonuç: Pamuk üretiminde taraklanma veya çiçeklenme döneminde magnezyum uygulamasının pamuk verimini ve bazı lif kalite özelliklerini olumlu yönde etkilemesi nedeni ile yeşil aksama uygulanmasının faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

INTRODUCTION

Magnesium is an essential macro element that affects the growth and development of plants, however it is known that further research is being done on other nutritional elements. For this reason, the concept of a forgotten element emerged and was used (Çakmak & Yazıcı, 2010; Guo et al., 2016). A defining reason for this gap in research is that Mg deficiency is often unrecognized or undiagnosed in agriculture. Indeed, acute Mg deficiency is typically associated with visible intervascular chlorosis and reduced growth, while the more common latent deficiency is often not visible and difficult to diagnose, but negatively affects crop yield (Çakmak & Yazıcı, 2010; Çakmak & Kirkby, 2008). Root growth in the plant decreases in magnesium deficiency, and it has been reported that monitoring root growth under Mg deficiency conditions may be a more reliable indicator than chlorosis (Çakmak et al., 1994).

Plant production frequently experiences both latent and acute magnesium shortages (Römheld & Kirkby, 2007). A common sign of magnesium insufficiency is intravenous chlorosis of the leaves. Since Mg acts as the central atom in the chlorophyll molecule, the development of chlorosis requires prior degradation of chlorophyll. Since Mg is strongly bound to this molecule, chlorosis appears to be a late response to Mg deficiency. In plants well-nourished with Mg, only approximately 20% of the total Mg is bound to chlorophyll, while the remaining approximately 80% is found in more mobile forms (Marschner et al., 1996; Marschner, 2012).

Symptoms of magnesium excess are generally rare. The most important negative effect of magnesium excess is that it prevents K and Ca uptake. The Mg concentration required for optimal plant growth is between 0.15 and 0.35% of the plant dry weight (Karaman, 2012).

Magnesium is a silver-white metal and is often used by mixing it with other metals. Its chemical symbol is Mg, atomic number is 12; this element, with an atomic weight of 23.312, is one of the lightest metals and has gained importance with this feature. Chlorophyll, which gives the green color to the leaf, contains magnesium. Since magnesium is included in the composition of chlorophyll, in case of its deficiency, not enough chlorophyll can be formed in the leaves and as a natural result, chlorosis problem occurs in the leaves. The most important function of magnesium is to be the central cation in the chlorophyll molecule. Magnesium is a mobile element in plants, so it accumulates most in the growth tips of plants and especially in young leaves. Magnesium is a mobile nutrient, and its remobilization occurs from older leaves to younger leaves (Taiz & Zeiger, 2010). It is transported to the seed from these regions during seed formation. Magnesium deficiency first manifests itself in older leaves.

It is known that plants absorb magnesium from the soil in the form of Mg^{2+} ions. Magnesium is taken into plant root cells either actively by energy-requiring metabolic processes or passively by diffusion along a channel along a concentration gradient (from high Mg concentration to low Mg concentration). Some researchers have stated that Mg is passively taken up into root cells, but at a later stage, it is transferred from the cytoplasm to the vacuole by active uptake processes through carrier pumps present in the membrane such as H-ATPase and inorganic pyrophosphatase. Although the dissolved Mg level in the soil solution is higher than K, Mg migration into the root is less than K migration. It has been stated that changing Ca:Mg ratios in soil does not affect fiber yield, fiber quality properties and K uptake in cotton (Stevens et al., 2005). Prior studies have revealed that excess K in soil can limit the uptake of both Mg and Ca from the soil and vice versa. Antagonistic effects between Mg, Ca and K have also been reported by other researchers (Farhat et al., 2016; Chaganti & Culman, 2017).

The most ubiquitous enzyme on earth, ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP) carboxylase, is a crucial Mg-activated enzyme involved in photosynthesis. As a result, magnesium deficiency adversely affects numerous vital physiological and biochemical processes in plants, which deteriorates growth and output. Generally, magnesium's role in metabolic processes stems from its ability to activate a multitude of enzymes (Çakmak & Yazıcı, 2010). For this reason, it is stated that there are new findings that it effects on issues

such as the physiology of Mg uptake by plants and the role of Mg in stress physiology (heat, drought, low pH, high radiation, metal toxicity, etc.) (Granse & Fühns, 2013).

It has been reported that magnesium increases resistance to diseases in plants and has both a direct and indirect effect on the disease, its response to changing environmental conditions may be different due to its antagonistic effect with other elements, and fusarium wilt pathogens are less effective in the presence of sufficient Mg (Huber & Jones, 2012).

The concentration of Mg in plant tissues varies not only according to the plant species and variety but also according to the developmental stage of the plant and its development period. Ahmed et al. (2020), reported that the amount of Mg in the leaves, stems and roots of cotton was 801.6 mg/kg, 765.4 mg/kg, 649.5 mg/kg, respectively, Mg deficiency causes browning, yellowing, and necrosis of the leaves, and photosynthesis decreased due to the accumulation of sugars and starches in photosynthetic products. Although the Mg concentration of the plant varies depending on the level of other mineral nutrients and environmental factors, it is also affected by climatic factors. Although the importance of magnesium as an essential phytonutrient in plants is well established, the effect of Mg on quality parameters has rarely been addressed (Gerendas & Fühns, 2013).

The purpose of this study was to determine the effects of different applications of magnesium on seed cotton yield and fiber yield, yield attribute traits, fiber quality characteristics, chlorophyll content and NDVI value.

MATERIALS and METHODS

This experiment was conducted in 2021 in the experimental area of the Siirt University Faculty of Agriculture. In the research, MAY 455 upland cotton variety obtained from the private sector was used as plant material, and Magnesium Sulfate in liquid form was used as a magnesium source.

Soil samples were taken from the trial area from 0-30 cm soil depth before planting and some soil properties were analyzed at the university laboratory. The determined features are given below in Table 1.

Table 1. Main properties of the soil in the experimental area

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının başlıca özellikleri

Specifications	Value
Clay-Loam, %	59,4
Electrical conductivity, dS /m	0,37
pH	7,90
Lime, %	1,58
Organic matter, %	0,92
Phosphorus, P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	5,59
Potassium, K ₂ O (kg da ⁻¹)	27,28

** : Siirt University, Science and Technology Application and Research Center's Laboratory

Planting was performed with a cotton experimental planting machine on 13 April 2021, and each parcel, four rows with a length of 6 m was planted, inter-rows were fixed at 0.7 m during sowing and a 2 m gap was left between blocks. A total of 140 kg ha⁻¹ nitrogen and 80 kg ha⁻¹ phosphorus were supplied to the experiment. At the sowing, 80 kg ha⁻¹ nitrogen and 80 kg ha⁻¹ phosphorus were applied to the band with a seeder in the form of compose fertilizer, and the remaining nitrogen (60 kg ha⁻¹ N) was applied in the form of urea before the first irrigation.

Climate data for 2021, when the experiment was conducted, and long- term climate data have been given in Figures 1 & 2. When the climate data for 2021 is compared to the long term, it can be observed that the minimum, maximum and average temperature values are above the long-term average (Figure 1).

When the total amount of precipitation is examined, it is seen that the amount of precipitation in the year when the experiment was conducted was behind the long term. The relative humidity values of the year in which the experiment was conducted were behind long-term in April, May, June, October and November, and above long-term in July, August and September (Figure 2).

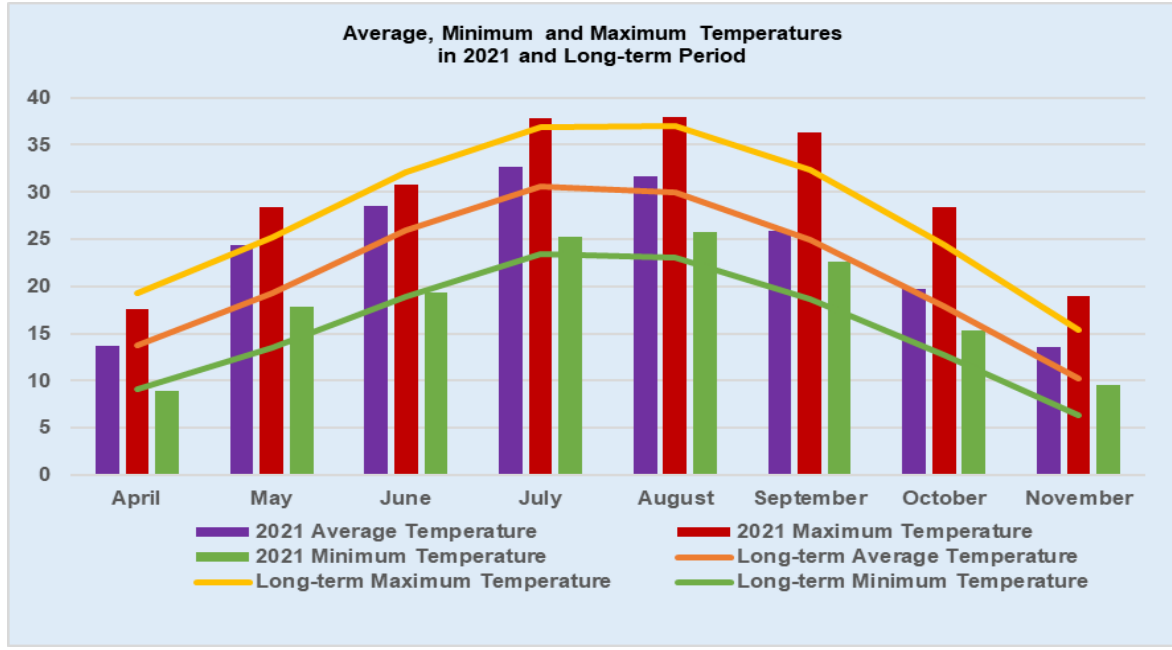


Figure 1. Minimum, maximum and average temperature during 2021 and long-years period.

Şekil 1. 2021 yılına ve uzun yıllara ait minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri.

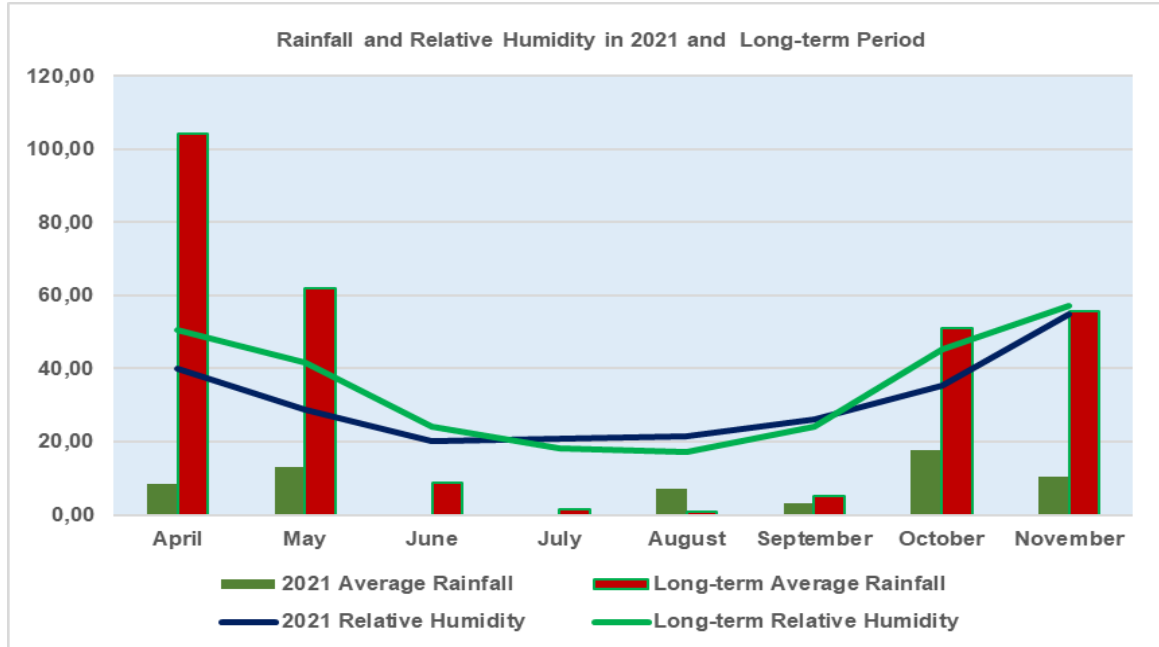


Figure 2. Average rainfall and relative humidity during 2021 and long-years period.

Şekil 2. 2021 yılına ve uzun yıllara ait yağış ve nispi nem değerleri.

Magnesium was applied as foliar treatment with the use of a back sprayer. It was compared with the control by applying doses of 200 cc, 400 cc and 600 cc da⁻¹ during the squaring period of plant development and the flowering period. The experiment was conducted and analyzed according to the completely randomized block design with 4 repetitions and 7 different magnesium treatments were included in the experiment.

All maintenance operations in the trial were performed on time. Regular pest control was carried out, during the observations made in June, the *thrips* pest was found, and the pest was taken under control by insecticide. The furrow irrigation method was applied, irrigation started during the blooming period and terminated 10% of the bolls opening.

In the study, some agronomic characteristics were recorded from randomly selected 10 plants of each plot, and normalized difference vegetative index values (NDVI) were determined by a GreenSeeker, which is a handheld crop sensor from the center two rows of the plot and 60 cm above the cotton plant during the flowering stage, 15 days after the magnesium application. Chlorophyll content was determined according to Johnson & Sounders (2003) using the top 5th newly opened leaf and fully grown, ten randomly selected plants from each plot during the flowering stage (15 days after magnesium application) with the help of Minolta SPAD-502 instrument.

Harvesting was done manually and completed two times. The first picking was performed on September 15, when 60% of the bolls opened, and the remaining product was completed in the second harvest on October 2, 2021. First and second-hand harvested cotton was weighed separately and then converted into total yield. After the harvest was completed, samples of seed cotton were ginned with a small roller-gin to determine the ginning percentage. Fiber samples were analyzed for fiber quality properties with the Uster HVI 1000.

All data collected from the experiment were analyzed according to the completely randomized block design with 4 repetitions and groupings were made according to Duncan's multiple range tests at $p \leq 0.05$.

RESULTS and DISCUSSION

The differences between investigated traits and Duncan's test results are given in Tables 2-4.

Table 2. Average values and statistical levels of investigated agronomic traits

Çizelge 2. İncelenen agronomik özelliklere ait ortalama değerler ve istatistik gruplamalar

Applications	PH	NMB	NSB	NNFFB	NN	HNR	BN	BW
1. Control	63.86±1.44	2.26±0.02 ^{bc}	10.60±0.19	6.33±0.40 ^b	16.93±0.49	3.78±0.03 ^b	8.86±0.34 ^c	7.13±0.07 ^a
2. Squaring (200 cc)	70.80±2.95	3.00±0.10 ^a	10.66±0.76	6.26±0.61 ^b	16.93±1.16	4.28±0.17 ^a	11.93±1.26 ^a	6.93±0.18 ^{abc}
3. Squaring (400 cc)	67.53±0.38	1.66±0.02 ^c	10.20±0.21	6.20±0.28 ^b	16.40±0.37	4.13±0.10 ^{ab}	8.66±0.18 ^c	6.96±0.08 ^{abc}
4. Squaring (600 cc)	70,66±1.41	2.93±0.35 ^{ab}	9.93±0.25	8.00±0.12 ^a	17.93±0.29	3.95±0.01 ^{ab}	8.80±0.79 ^c	6.63±0.11 ^c
5. Flowering (200 cc)	70.33±2.72	2.26±0.15 ^{abc}	11.06±0.64	6.40±0.21 ^b	17.46±0.45	4.04±0.09 ^{ab}	11.26±0.17 ^{ab}	7.00±0.05 ^{ab}
6. Flowering (400 cc)	66.80±1.95	2.73±0.38 ^{ab}	10.40±0.04	7.40±0.20 ^{ab}	17.80±0.31	3.77±0.05 ^b	10.00±0.33 ^{abc}	7.16±0.10 ^a
7. Flowering (600 cc)	67.40±1.86	2.00±0.11 ^c	9.53±1.69	6.46±0.45 ^b	17.33±1.04	3.93±0.16 ^{ab}	9.33±0.72 ^{bc}	6.63±0.10 ^{bc}
Mean	68.20	2.40	10.34	6.72	17.25	3.98	9.83	6.92
CV (%)	6.30	19.18	15.84	11.72	8.46	5.78	14.52	3.42
F value	ns	4.65 ^{**}	ns	3.10 [*]	ns	2.50 [*]	3.29 [*]	3.32 [*]

*, **, Significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant ($p < 0.05$).

PH: Plant height; NMB: Number of monopodial branches; NSB: Number of sympodial branches; NNFFB: Node number of first fruiting branches; NN: Number of nodes; HNR: Height/Node ratio; BN: Boll number; BW: Boll weight.

Plant height

Average values of plant height varied between 63.86 and 70.80 cm, depending on the magnesium applications, however, the differences between the treatments were not significant. It can be observed that the general average of the trial is 68.20 cm as shown in Table 2.

From the same table, it can be seen that the highest plant height value was obtained from the 200 cc/da magnesium application during the squaring period, which is the second application (70.80 cm), and the lowest value of plant height was observed from the control (63.86 cm). In the study, it was determined there was a slight increase in plant height values with magnesium application compared to the control, Sankaranarayanan et al. (2010) revealed that plant height was not affected by magnesium. Madaan et al. (2014) and Sadeghi et al. (2021) also revealed the same results, however, Jayalalitha & Narayanan (1996) and also Mobarak et al (2013), pointed out that plant height was slightly affected by magnesium deficiency in cotton. It was reported that in the registration trials of the MAY 455 cotton variety in 2021, the plant height varied between 86 and 100 cm, and in 2022 it varied between 100 and 117 cm (Anonymous, 2023). In this study, the plant height was found to be lower. These differences may have been due to planting time, cultural practices, climatic conditions etc.

Number of monopodial branches

As shown in Table 2, the differences between treatments are statistically significant at the 1% probability level for the number of monopodial branches. The average values for the number of monopodial branches in the plant changed between 1.66 and 3.00 number plant⁻¹, and the overall average value of the experiment was 2.40 number plant⁻¹.

The lowest value of the number of monopodial branches was recorded with the magnesium application at a dose of 400 cc/da during the squaring stage (1.66 number plant⁻¹) while the highest value was recorded from the magnesium application during the squaring stage at a dose of 200 cc/da. It is seen that magnesium applications applied in different doses and different plant development periods such as squaring and flowering have a significant effect on the number of monopodial branches. Rajakumar et al. (2010) reported that magnesium applications positively affected the number of monopodial branches.

Number of sympodial branches

It can be observed that there were no statistically significant differences in terms of the number of fruiting branches. The average values recorded for the number of fruiting branches per plant ranged from 9.53 to 11.06, and the overall average of the experiment was 10.34 number per plant⁻¹ (Table 2).

For the number of fruiting branches, the lowest value (9.53 number plant⁻¹) was observed from the magnesium treatment applied at a dose of 600 cc/da during the flowering stage, and the highest value (11.06 number plant⁻¹) was recorded from the magnesium treatment applied to the during the flowering stage, at a dose of 200 cc/da, however, it can be observed that the differences between magnesium applications are not statistically significant.

Research findings appear to differ from those of Durmaz (2002) and Rajakumar & Gurumurthy (2008), who reported that magnesium applications positively affected the number of fruiting branches. The reason for this may be the type of cotton used as plant material in the study, climatic factors, differences in the cultural applications, and differences in nutrients in the soil.

Number of nodes of first fruiting branches

There were statistically significant differences between magnesium treatments for the number of nodes of the first fruiting branches as shown in Table 2. The values changed between 6.20 and 8.00 number plant⁻¹. The lowest value for the number of nodes of first fruiting branches was 6.20 number plant⁻¹, obtained from

400 cc/da magnesium treatment during the squaring stage, and the highest value for the number of nodes of first fruiting branches was 8.00 number plant⁻¹, obtained from 600 cc/da magnesium treatment during the squaring stage. The results of the study showed that magnesium applications affected the nodes number of first fruiting branches, which is known as an important earliness criterion in the plant.

Number of nodes

Table 2 shows that there were no significant statistically differences between magnesium treatments for the number of nodes. As shown the average values regarding the number of nodes varied between 16.40 and 17.93 number per plant⁻¹, and the overall average value of the trial was 17.25 number per plant⁻¹. The highest value (17.93) was obtained with magnesium application applied at a dose of 600 cc/da during the squaring stage, it is seen that the lowest value (16.40 number plant⁻¹) was obtained from 400 cc/da magnesium application during the squaring stage.

Height/node ratio

In Table 2, it can be seen that there was a significant statistical difference between the applications in terms of the height/node ratio (HNR) at the 5% significance level.

Average values obtained for the height/node ratio, which is an important indicator of plant development, depending on the treatments, ranged between 3.77 and 4.28 number per plant⁻¹; it is seen that the highest value was obtained from the application of magnesium at a dose of 200 cc/da during the squaring stage (4.28 number plant⁻¹) and this treatment was followed by magnesium application of 400 cc/da during the squaring period.

The lowest height/node ratio value (3.77 number plant⁻¹) was obtained with magnesium application during the flowering stage at a dose of 400 cc/da. It is seen that application of magnesium to cotton has a statistically significant effect on the height/node ratio (Table 2).

Number of bolls

The average values for the number of bolls vary between 8.66 and 11.93 number/plant; as a result of the statistical analysis, it is seen that there are statistically significance differences between the applications at the 5% probability and the overall average of the experiment is 9.83 number/plant.

The lowest boll number (8.66 number/plant) was obtained from magnesium application during the squaring period at a dose of 400 cc/da and the control, while the highest boll number (11.93 number/plant), was obtained from magnesium applied at a dose of 200 cc/da during the squaring stage and followed by magnesium application during the flowering stage at a dose of 200 cc/da (Table 2).

The results of this study coincide with the studies done by Rajakumar & Gurumurthy (2008), who reported that higher values were obtained in the number of bolls by applying magnesium and micronutrient elements to the green parts and Ali et al. (2019) indicated that the number of bolls increased with the combined application of magnesium and nitrogen to the leaves.

Boll weight

The average values obtained for boll weight ranged between 6.63 and 7.16 g, depending on the applications; It is seen that there are statistically significant differences between the applications at the 5% probability level and the overall average of this experiment is 6.92 g (Table 2).

The lowest value for boll weight (6.63 g) was observed from the magnesium application during the squaring stage at a dose of 600 cc/da (6.63 g) and the magnesium application during the flowering stage at a dose of 600 cc/da, while the highest boll weight value was observed as 7.16 g from magnesium applied during the flowering stage at a dose of 400 cc/da.

Rajakumar & Gurumurthy (2008) and Singh et al. (2015) reported that higher values in boll weight were obtained by applying magnesium to the green parts of the plant.

Seed cotton boll weight

It is seen that the values obtained for seed cotton boll weight vary between 5.13 and 5.53 g, but the differences between magnesium applications are not statistically significant. While the lowest seed cotton weight per boll (5.13 g), was observed from the magnesium treatment during the squaring stage at a dose of 600 cc/da, the highest value (5.53 g), was observed from the control and from the magnesium application during the flowering stage at a dose of 400 cc/da (Table 2).

Number of seeds in boll

It is seen from the Table 3 that the values obtained in terms of the number of seeds in the boll changed between 28.53 and 31.10 number boll⁻¹ depending on the treatments, but no significant differences were detected between magnesium applications. The lowest value in terms of number of seeds in the boll was observed from 600 cc/da magnesium application during the squaring stage, with a value of (28.53), while the highest value, with a value of (31.10) was observed from 200 cc/da magnesium treatment during the squaring stage. However, Sadeghi et al. (2021) reported that magnesium effectively increases photosynthesis and the delivery of assimilates to the seed due to the increase in enzymatic activity.

Table 3. Average values and statistical levels of investigated traits

Çizelge 3. İncelenen özelliklerin ortalama değerleri ve istatistiki gruplamalar

Applications	SCBW	SB	FPP	GP	SPAD	NDVI	SCY	FY
1. Control	5.53±0.05	30.50±0.81	77.46±5.40	45.73±0.22	47.63±1.57	0.75±0.01	387.73±18.00 ^{bc}	177.24±8.14
2. Squaring (200 cc)	5.33±0.19	31.10±0.69	85.73±3.02	46.53±0.40	48.43±1.24	0.70±0.02	403.80±18.56 ^{abc}	187.75±7.64
3. Squaring (400 cc)	5.36±0.07	29.76±0.41	84.56±3.05	46.73±0.30	43.43±2.00	0.72±0.01	378.57±22.17 ^c	176.80±9.38
4. Squaring (600 cc)	5.13±0.15	28.53±0.52	84.58±1.01	46.00±0.15	45.86±2.50	0.76±0.01	443.29±20.94 ^{ab}	203.77±8.97
5. Flowering (200 cc)	5.46±0.06	30.06±0.13	85.31±4.11	45.73±0.45	47.26±1.84	0.76±0.00	446.74±5.90 ^a	204.33±4.64
6. Flowering (400 cc)	5.53±0.10	30.30±0.08	80.87±2.14	46.40±0.30	43.50±1.69	0.73±0.02	404.52±12.82 ^{abc}	187.63±4.82
7. Flowering (600 cc)	5.40±0.25	30.20±0.43	87.32±1.70	46.00±0.30	46.50±2.82	0.73±0.01	410.51±5.83 ^{abc}	188.89±3.40
Mean	5.39	30.06	83.69	46.16	46.09	0.73	410.74	189.49
CV (%)	5.89	3.62	8.34	1.50	9.45	4.60	8.50	8.05
F value	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.18*	ns

*, **, Significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant ($p < 0.05$).

SCBW: Seed cotton boll weight; SB: Seeds per boll; FPP: First picking percentage; GP: Ginning percentage; SPAD: Chlorophyll Content; NDVI: Normalized difference vegetative index; SCY: Seed cotton yield; FY: Fiber Yield.

First picking percentage

It can be seen from Table 3 that there were non-significant differences between magnesium treatments in terms of first picking percentage, which is known to be an important earliness criterion. The mean values of the first picking percentage values depending on the magnesium doses ranged between 77.46 and 87.32% and the overall average of the trial was 83.69%. In terms of first picking percentage, the highest result was observed from the magnesium application applied at a dose of 600 cc/da during the flowering stage (87.32%), and the lowest value was observed from the control application (77.46%).

Ginning percentage

The ginning percentage values obtained as a result of magnesium applications varied between 45.73 and 46.73% and the overall average of the experiment was 46.16%. The control application and magnesium application during the flowering stage at a dose of 200 cc/da showed the lowest value (45.73%) in terms of

ginning efficiency, and the highest value (46.73%), was observed from the magnesium application at a dose of 400 cc/da during the squaring stage (Table 3). However, it can be observed that the differences between the applications are not statistically significant. Similar findings were reported by Singh et al. (2015).

Chlorophyll content (SPAD value)

Leaf chlorophyll content (SPAD) values varied between 43.43 and 48.43% depending on magnesium applications; however, it appears that the differences between treatments are not statistically significant. The highest leaf chlorophyll content (SPAD value) of 48.43% was obtained from magnesium applied during the squaring period at a dose of 200 cc/da, while the lowest leaf chlorophyll content (SPAD value) value of 43.43% was observed from 400 cc/da dose during the squaring stage.

In this study, it was determined that magnesium applied in different periods and at different doses did not have a significant effect on the chlorophyll content of the plant, and although the highest chlorophyll content (SPAD) value was obtained from magnesium applied during the squaring period at a dose of 200 cc/da, the differences were not statistically significant when compared to the control (Table 3).

Madaan et al. (2014) reported that elements such as N, Mg, and Fe have key roles in the structure and synthesis of chlorophyll. It has been reported by (Helmy et al., 1960; Reddy et al., 1996; Çakmak & Yazıcı, 2010; Rathika et al., 2013; Hauer Jâkli & Trankner, 2019; Ahmed et al., 2020) that magnesium has a dominant role in photosynthesis and plays an important role in chloroplast-related processes, which contain over 35% Mg in the leaves. The fact that no significant differences were found between the treatments in terms of chlorophyll content (SPAD value) in the study may be related to the amount of magnesium used in the application, the application method and time, the development period of the plant and the amount of magnesium in the soil.

Normalized Difference Vegetative Index (NDVI)

It is seen that normalized difference vegetative index (NDVI) values varied between 0.70 and 0.76 depending on magnesium applications, but the differences between the treatments were not significant. The highest NDVI was recorded from the magnesium application at a dose of 600 cc/da during the squaring stage (0.76) and the magnesium application at a dose of 200 cc/da during the flowering period, while the lowest NDVI value was recorded from the magnesium treatment applied at a dose of 200 cc/da during the squaring stage as 0.70 (Table 3).

Seed cotton yield

Table 3 shows that the statistical difference between magnesium applications in terms of seed cotton yield is significant at the 5% probability level. It can be seen from the same table that the average values obtained for seed cotton yield depending on magnesium applications range between 378.57 and 446.74 kg/da, and the general average seed cotton yield value of the trial is 410.74 kg/da. The highest seed cotton yield value was obtained from the 200 cc/da magnesium application during the flowering period (446.74 kg/da), while the lowest seed cotton yield (378.57 kg/da) was recorded from 400 cc/da magnesium application during the squaring stage. In the registration document of the MAY 455 cotton variety, it is reported that the yield varies between 550 and 650 kg/da (Anonymous, 2023). The lower yield was obtained in this study, and this is due to the fact that the minimum, average and maximum temperature values in 2021 were above long-term as shown in Figure 1. Planting time, irrigation time and irrigation amount and other cultural practices are also important factors on yield.

In the experiment, it is seen that magnesium applications have a significant effect on seed cotton yield. Among magnesium applications, the highest seed cotton yield was obtained with the application of 200 cc/da during the flowering stage, and there was a difference of 68.17 kg/da between the lowest and highest seed cotton yield.

Findings that magnesium increases productivity have also been reported by many researchers (Durmaz, 2002; Deshpande et al., 2015; Singh et al., 2016; Kajana, 2020; Swetha et al., 2020, Wang et al., 2020).

Fiber yield

In Table 3, it can be observed that the average values of fiber yield changed between 176.80 and 204.33 kg da⁻¹ depending on magnesium treatments and the average fiber yield value obtained from the trial was 189.49 kg da⁻¹.

The highest value in fiber yield was observed from the 200 cc/da magnesium application during the flowering period (204.33 kg da⁻¹), this application was followed by the 600 cc/da during the squaring period (203.77 kg da⁻¹), it can be observed that the lowest value for fiber yield was observed from 400 cc/da magnesium application (176.80 kg da⁻¹) during the squaring period. It can be seen in Table 3 that there are no statistically significant differences between the magnesium treatments in terms of fiber yield.

Ali et al. (2019) reported that they achieved an increase in fiber cotton yield by applying magnesium in combination with nitrogen and potassium.

Fiber quality properties

Magnesium applications differed significantly in terms of strength, elongation, uniformity and spinning consistency index; however, micronaire, fiber length, short fiber index, yellowness, and reflectance did not differ significantly between applications (Table 4).

Table 4. Mean values and statistical levels of fiber quality properties

Çizelge 4. Lif kalite özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistik gruplamalar

Applications	FF	FL	STR	ELG	UNF	SFI	YLW	RF	SCI
1. Control	5.32±0.02	29.72±0.13	34.30±0.75 ^b	5.93±0.08 ^{ab}	83.03±0.27 ^b	6.43±0.31	8.63±0.16	77.80±0.33	140.00±2.59 ^c
2. Squaring (200 cc)	5.26±0.13	28.80±0.26	33.76±0.50 ^b	5.63±0.05 ^c	84.46±0.39 ^a	7.40±0.38	8.96±0.14	78.50±0.17	144.33±3.27 ^{abc}
3. Squaring (400 cc)	5.14±0.04	28.88±0.24	33.70±0.52 ^b	6.16±0.09 ^a	84.40±0.14 ^a	7.10±0.19	8.46±0.09	78.26±0.61	144.66±1.46 ^{bc}
4. Squaring (600 cc)	5.04±0.04	29.52±0.32	36.10±0.30 ^{ab}	5.86±0.04 ^{bc}	84.73±0.20 ^a	6.70±0.43	8.53±0.06	78.53±0.26	156.00±2.12 ^a
5. Flowering (200 cc)	5.25±0.08	29.41±0.08	35.83±1.02 ^{ab}	5.93±0.11 ^{ab}	84.56±0.24 ^a	6.20±0.12	8.83±0.09	77.43±0.67	151.66±5.13 ^{abc}
6. Flowering (400 cc)	5.19±0.02	29.41±0.23	36.13±0.57 ^{ab}	5.76±0.03 ^{bc}	84.30±0.09 ^a	6.80±0.26	8.93±0.12	77.93±0.63	151.66±1.32 ^{abc}
7. Flowering (600 cc)	5.08±0.10	29.29±0.30	37.13±1.30 ^a	5.66±0.01 ^{bc}	84.43±0.10 ^a	7.23±0.28	8.86±0.09	76.70±0.08	155.66±5.70 ^{ab}
Mean	5.18	29.29	35.28	5.85	84.27	6.83	8.74	77.88	149.14
CV (%)	3.17	1.78	4.77	2.75	0.59	0.09	2.93	1.26	5.04
F value	ns	ns	2.50*	5.17**	5.12**	ns	ns	ns	2.70*

*, **; Significant at P ≤ 0.05 and p ≤ 0.01, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant (p < 0.05).

FF: Fiber fineness; FL: Fiber length; STR: Fiber strength; ELG: Elongation; UNF: Uniformity; SFI: Short fiber index; YLW: Yellowness; RF: Reflectance; SCI: Spinning consistency index.

Fiber strength

The average values obtained regarding the fiber strength value, depending on the applications, varied between 33.70 and 37.13 g/tex. It is seen that there are statistical differences between the treatments at the 5% significance level and the overall average of the trial is 35.28 g/tex. In terms of fiber strength, the lowest value of 33.70 g/tex was observed from 400 cc/da magnesium treatment during the squaring stage, while the highest value of 37.13 g/tex was observed from 600 cc/da application during the flowering stage (Table 4).

Kajana (2020) reported that fiber quality parameters such as fiber strength are improved with MgO nanoparticles according to the sulfate form of Mg fertilizers, and it is similar to the research findings. Sankaranarayanan et al. (2010) reported that fiber strength was not affected by the application of micronutrients, and the research results seem to differ.

Fiber elongation

Depending on the magnesium treatment, fiber elongation values varied from 5.63 to 6.16%; significant differences between the applications are observed at the 1% significance level, and the trial's

overall average is 5.85%. It was shown that applying 200 cc/da of magnesium during the squaring stage produced the lowest value of fiber elongation (5.63%) while applying 400 cc/da of magnesium over the same period produced the maximum value of 6.16% (Table 4).

These results differ from those of Sankaranarayanan et al. (2010), who reported that fiber elongation was not affected by the application of micronutrient elements.

Fiber uniformity

Fiber uniformity values varied between 83.03 and 84.73%, and it is seen that there are significant statistical differences between the applications at the 1% probability level and the overall average of the trial is 84.27%. While the lowest value in terms of fiber uniformity was obtained from the control application with 83.03%, the highest value with 84.73% was obtained from the 600 cc/da magnesium application during the squaring stage. It was found in this investigation that magnesium applying magnesium raised the fiber uniformity value (Table 4).

Gerendas & Fühns (2013) reported that the effect of magnesium on quality characteristics may be indirect by improving the nutritional element level of the product.

Spinning consistency index

Table 4 shows that there is a statistically significant difference at the 5% probability level between the treatments in terms of the spinning consistency index (SCI). Depending on the magnesium applications, the SCI varied between 140.00 and 156.00, and the overall average of the experiment was 149.14. While the lowest value in terms of SCI was obtained from the control application with 140.00, the highest SCI value with 156.00 was obtained from the magnesium applied during the squaring stage at a dose of 600 cc/da. This application was followed by magnesium application at a dose of 600 cc/da at the flowering stage with a value of 155.66 and they were in the same statistical group (Table 4).

It is seen that magnesium applications lead to an increase in the spinning consistency index and significant differences are obtained compared to the control.

CONCLUSION

Results in this investigation indicated that magnesium applications had a significant effect on the number of monopodial branches, number of nodes of the first fruiting branches, HNR, number of bolls, boll weight, seed cotton yield, fiber strength, uniformity, elongation, and SCI. Other characteristics examined in the research include plant height, number of nodes, number of fruiting branches, seed cotton boll weight, number of seeds in the boll, first picking percentage, ginning outturn, chlorophyll content (SPAD value), NDVI value (normalized difference vegetative index) and fiber yield was not affected by magnesium applications. It was determined that the fiber length, fiber fineness, short fiber index, fiber reflectance, and fiber yellowness values, which are among the fiber quality criteria, were not statistically affected by magnesium treatments.

In the study, the highest value in terms of the number of bolls, number of monopodial branches and height/node ratio were observed with 200 cc/da Mg treatment during the squaring stage. The highest values in terms of the number of nodes of first fruiting branches, uniformity and SCI values were obtained from 600 cc/da Mg application during the squaring stage and the highest elongation value was observed from 400 cc/da Mg application during the squaring stage. While the highest value in boll weight was recorded with the application of 400 cc/da Mg during the flowering stage, the highest fiber strength was recorded during the flowering stage with the dose of 600 cc/da.

In the study, seed cotton yield was affected by magnesium applications and seed cotton yield varied between 378.57 and 446.74 kg/da. The highest value for seed cotton yield, 446.74 kg/da, was obtained from magnesium applied at a dose of 200 cc/da during the flowering stage and this application was followed

by magnesium application at a dose of 600 cc/da during the squaring stage, with 443.29 kg/da. There was a difference of 68.17 kg/da between the lowest and highest seed cotton yield.

It has been concluded that magnesium treatment significantly and positively affects the seed cotton yield and some important fiber quality properties of the cotton plant, and therefore, it may be beneficial to apply it to the green parts of the plant during the squaring or flowering stage in cotton production.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

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

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.

Article Description

This article was edited by Section Editor Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK.

REFERENCES

- Ahmed, N., M. A. Ali, S. Danish, U. K. Chaudhry, S. Hussain, W. Hassan, F. Ahmad & N. Ali, 2020. "Role of Macronutrients in Cotton Production, 81-104". In: *Cotton Production and Uses*, Chapter 6. (Eds. S. Ahmad & M. Hasanuzzaman,) Springer, Singapore, 641 pp. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2_6.
- Ali, H., M. S. Tahir, S. Hussain, R. N. Shabbir, A. Areeb & A. Sher, 2019. Combined foliar applied nitrogen, potassium and magnesium improved yield, fiber quality and water use efficiency of cotton under water limited environment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 22 (1): 115-121. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1040>.
- Anonymous, 2023. Cotton Registration Report. Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry Variety Registration and Seed Certification Center, Ankara, 28 pp.
- Çakmak, İ. & A. M. Yazıcı, 2010. Magnesium: A forgotten element in crop production. *Better Crops*, 94 (2): 23-25.
- Çakmak, İ. & E. A. Kirkby, 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum*, 133: 692-704. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x>.
- Çakmak, İ., C. Hengeler & H. Marschner, 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 45 (9): 1245-1250. <https://doi.org/10.1093/jxb/45.9.1245>.
- Chaganti, V. N. & S. W. Culman, 2017. Historical perspective of soil balancing theory and identifying knowledge gaps: A review. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 3: 1-7. <https://doi.org/10.2134/cftm2016.10.0072>.
- Deshpande, A. N., R. S. Masram & B. M. Kamble, 2015. Effect of fertilizer levels and foliar application on morphological characters, nutrient content and yield of cotton. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 6 (2): 230-239. <http://dx.doi.org/10.5958/0976-4038.2015.00041.X>.
- Durmaz, M., 2002. Effect of Different Doses of Mg Applications on Yield and Quality in Cotton Plants. Cukurova University, Institute of Science, (Unpublished) MSc thesis Adana, 48 pp.
- Farhat, N., A. Elkhouni, W. Zorrig, A. Smaoui, C. Abdelly & M. Rabhi, 2016. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38 (145): 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>.

- Gerendas, J. & H. Führs, 2013. The significance of magnesium for crop quality. *Plant and Soil*, 368: 101-128. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1555-2>.
- Gransee, A. & H. Führs, 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368: 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>.
- Guo, W., H. Nazim, Z. Liang & D. Yang, 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, (2): 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>.
- Hauer-Jákli, M. & M. Tränkner, 2019. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis from 70 years of research. *Frontiers in Plant Science*, 10: 766. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>
- Helmy, H., H. E. Joham & W. C. Hall, 1960. Magnesium Nutrition of American Upland and Egyptian Cottons. Texas Agricultural Experiment Station, No: 411, 16 pp.
- Huber, D. M. & J. B. Jones, 2012. The role of magnesium in plant disease. *Plant Soil*, 368 (1): 73-85. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1476-0>.
- Jayalalitha, K. & A. Narayanan, 1996. Growth and mineral composition of magnesium deficient cotton plants grown in solution culture. *Annals of Plant Physiology*, 10 (1): 11-16.
- Johnson, J. R. & J. Saunders, 2003. Evaluation of chlorophyll meter for nitrogen management in cotton. Annual Report, 162-163.
- Kajana, D., 2020. Foliar application of magnesium oxide nanoparticles on nutrient element concentrations, growth, physiological, and yield parameters of cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 43 (20): 3035-3041. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1799001>.
- Karaman, M. R., 2012. Plant Nutrient Elements and Nutritional Physiology in Plants. *Plant Nutrition. Gübretaş Guide Book Series*, No: 2, 92 pp.
- Madaan, S., S. S. Siwach, R. S. Sangwan, O. Sangwan, C. Devraj, S. R. Pundir, A. Jain & K. Wadhwa, 2014. Effect of foliar spray of nutrients on morphological and physiological parameters. *Journal of Cotton Research and Development*, 28 (2): 268-271.
- Marschner, H., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic, Elsevier, Australia, 649 pp. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- Marschner, H., E. A. Kirkby & I. Çakmak, 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1255-1263. https://doi.org/10.1093/jxb/47.special_issue.1255.
- Mobarak, Z. M., M. M. Shaaban, M. M. El-Fouly & E. A. A. El-Nour, 2013. Improving growth and nutrient content of maize and cotton plants through magnesium nitrate foliar fertilization. *American Journal of Plant-Nutrition and Fertilization Technology*, 3 (2): 22-32. <http://dx.doi.org/10.3923/ajpnft.2013.22.32>
- Radhika, K., S. Hemalatha, S. Maragatham & A. Kanimozhi, 2013. Foliar application of micronutrients in cotton-a review. *Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 2 (3): 23-29.
- Rajakumar, D. & S. Gurumurthy, 2008. Effect of plant density and nutrient spray on the yield attributes and yield of direct sown and polybag seedling planted hybrid cotton. *Agricultural Science Digest*, 28 (3): 174-177.
- Rajakumar, D., S. Gurumurthy, B. J. Pandian & G. Thiyagarajan, 2010. Population dynamics and nutrient spray on the yield and economics of direct sown and transplanted hybrid cotton TCHB 213. *Indian Journal of Agricultural Research*, 44 (3): 206- 210.
- Reddy, A. R., K. R. Reddy, R. Padjung & H. F. Hodges, 1996. Nitrogen nutrition and photosynthesis in leaves of pima cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (5): 755- 770. <https://doi.org/10.1080/01904169609365158>.
- Römheld, V. & E. A. Kirkby, 2007. "Magnesium functions in crop nutrition and yield, 151-171". In: *Proceedings of a Conference in Cambridge (7th Dec. 2007)*, 575 pp.
- Sadeghi, F., A. Rezeizad & M. Rahimi, 2021. Effect of Zinc and Magnesium fertilizers on the yield and some characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in two years. *International Journal of Agronomy*, 2021: 8857222 (1-6). <https://doi.org/10.1155/2021/8857222>.

- Sankaranarayanan, K., C. S. Praharaj, P. Nalayini, K. K. Bandyopadhyay & N. Gopalakrishnan, 2010. Effect of magnesium, zinc, iron and boron application on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum*), Indian Journal of Agricultural Sciences, 80 (8): 699-703.
- Singh, K., P. Rathore & R. K. Gumber, 2015. Effects of foliar application of nutrients on growth and yield of Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Bangladesh Journal of Botany, 44 (1): 9-14. <https://doi.org/10.3329/bjb.v44i1.22717>
- Singh, K., S. Malik, A. Singh & P. Rathore, 2016. Influence of foliar feeding of nutrients on growth yield attributes and seed cotton yield of American Cotton. Journal of Cotton Research and Development, 30 (1): 69-72.
- Stevens, G., T. Gladbach, P. Motavalli & D. Dunn, 2005. Soil Calcium: Magnesium Ratios and Lime Recommendations for Cotton. The Journal of Cotton Science, 9: 65-71.
- Swetha, D., P. Laxminarayana, G. E. C. H. Vidyasagar, S. N. Reddy & H. K. Sharm, 2020. Impact of secondary and micronutrients on productivity and quality of Bt cotton: A review. International Journal of Economic Plants, 7 (2): 91-93. <http://dx.doi.org/10.23910/2/2020.0364>
- Taiz, L. & E. Zeiger, 2010. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, 782 pp.
- Wang, Z., M. Ul Hassan, F. Nadeem, L. Wu, F. Zhang & X. Li, 2020. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. Frontiers in Plant Science, 10: 1727. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):475-486
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1442274>

Ömer KESKİN^{1*} 

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Özel
Meslek Yüksekokulu, 65800, Van, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
omerkeskin@yyu.edu.tr

Türkiye'de döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisi: Kesirli-frekanslı Fourier testlerden kanıtlar

The impact of exchange rate on pesticide consumption in Türkiye: Evidence from fractional-frequency Fourier tests

Received (Alınış): 24.02.2024

Accepted (Kabul Tarihi):04.06.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, Türkiye'de zirai ilaç tüketiminin döviz kuruyla ilişkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: 1981-2022 dönemine ait yıllık zaman serilerinin kullanıldığı çalışmada öncelikle değişkenlerin durağanlıkları, kesirli-frekanslı Fourier ADF ve geleneksel ADF birim kök testleri uygulanarak sınanmıştır. Daha sonra değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığını saptamak için kesirli-frekanslı Fourier ADL eşbütünleşme testi uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Birim kök testlerinin sonuçları, değişkenlerin durağanlık düzeylerinin I (1) olduğunu göstermiştir. Eşbütünleşme testinin sonucunda zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru arasında negatif bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Buna göre döviz kurunda yaşanan %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketiminde uzun ve kısa dönemde sırasıyla %0.37 ve %0.10 kadar düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca çalışmada kurulan hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı saptanmıştır.

Sonuç: Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan değişimin temel dinamiklerinden birinin döviz kurundaki yükseliş olduğu açık bir şekilde söylenebilir. Döviz kurundaki yükseliş, zirai ilaç tüketimini negatif etkilemektedir. Döviz kurundaki aşırı oynaklıkların zirai ilaç tüketimini olumsuz etkilememesi için Türkiye'nin zirai ilaçta dışa bağımlılığı azaltılmalıdır. Bu doğrultuda yerli üretim, teşvik/destek mekanizmaları hayata geçirilerek olabildiğince artırılmalıdır.

ABSTRACT

Objective: The objective of this paper was to investigate the relationship between pesticide consumption and exchange rate in Türkiye.

Material and Methods: First, the stationarities of the variables were examined by applying the fractional-frequency Fourier ADF and traditional ADF unit root tests in the study, which cover the annual time series from 1981 to 2022. Then, the fractional-frequency Fourier ADL cointegration test was applied to evaluate the existence of the cointegration relationship between the variables.

Results: The findings of the unit root tests showed that the stationarities of the variables were I (1). The cointegration test revealed that there is a negative relationship between pesticide consumption and exchange rate. A 1% increase in exchange rate causes a decrease of 0.37% and 0.10% in pesticide consumption in the long and short run, respectively. In addition, it was determined that the error correction mechanism established in the study worked.

Conclusion: It can be clearly stated that one of the primary dynamics of the change in pesticide consumption in Türkiye is the increase in exchange rate. The increase in exchange rate negatively affects pesticide consumption. Türkiye's foreign dependency on pesticides should be reduced so that excessive fluctuations in exchange rate do not negatively affect pesticide consumption. Domestic production should be increased as much as possible by implementing incentive/subsidy mechanisms.

Anahtar sözcükler: Döviz kuru, zaman serisi analizi, zirai ilaçlar

Keywords: Exchange rate, time series analysis, pesticides

GİRİŞ

Dünyanın kaynakları sınırlı olup nüfusu hızla artmaktadır. Dolayısıyla yaşamın sürdürülebilirliğinin sağlanması noktasında tarım sektöründeki verimliliği yükseltme ve sağlıklı ürünler elde etme çabası her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. İşlenen birim arazide hem daha fazla hem daha kaliteli tarımsal ürünler üretmenin yollarından biri ise hastalıklara, zararlılara ve yabancı otlara karşı mücadeledir. Ancak yürütülecek mücadelenin bilinçli ve doğru olması, tarımsal üretimde gereksiz maliyetleri düşürmenin yanı sıra özellikle insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından önemlidir (Altıkat vd., 2009; Eyhorn et al., 2015; Özercan & Taşçı, 2022).

Zirai mücadele ilaçları, formülasyon şekilleri (toz, ıslanabilir toz, emülsiyon konsantre, solüsyon konsantre ve suda çözünebilir toz gibi), kullanıldığı zararlı grupları (insektisit, fungusit, herbisit, akarisit ve bakterisit gibi), içerdiği etkin madde yapıları (organik klorlu bileşikler, diklordifenil triklor etan, benzen heksaklorür ve siklodien grubu bileşikler gibi) ve kontrol ettiği zararlıların yerleri (kültür bitkileri ve orman zararlıları gibi) olmak üzere 4 grupta sınıflandırılmaktadır (Tezer, 2021). Dünyada 2021 yılında 3.5 milyon ton aktif madde olarak hesaplanan zirai ilaç tüketimi, bir önceki yıla göre %4, on yıla göre %11 yükselmiş olup, 1990'dan 2021'e kadar ise yaklaşık 2 katına çıkmıştır. 2021'in en fazla zirai ilaç ithal eden kıtası Amerika olmuştur. 1990-2021 döneminde zirai ilaç tüketimi, kıtasal olarak bakıldığında Okyanusya'da %206, Amerika'da %191, Afrika'da %175, Asya'da %67 ve Avrupa'da sadece %1 kadar yükseliş göstermiştir (FAO, 2023b). Türkiye'deki zirai ilaç tüketimi ise 2006'da 45.376 ton iken, 2022'de 55.374 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Bu dönemde zirai ilaç tüketiminde yaşanan yükseliş yaklaşık %22'ye karşılık gelmektedir.

İşlenen birim arazide ortalama zirai ilaç tüketim miktarı, 1990'da dünyada 1.22, Amerika kıtasında 1.62, Avrupa kıtasında 1.37, Türkiye'de 1.08 kilogram iken, 2021'de sırasıyla 2.26, 4.70, 1.37, 2.26 kilogram olarak hesaplanmıştır. Yani 1990'da Türkiye'de dünya, Amerika ve Avrupa kıtaları ortalamasından daha düşük bir düzeyde zirai ilaç tüketilmiştir (FAO, 2023a). Bu durum, zirai ilaçların insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından kamuoyunun sık sık gündemine gelen tehditleri göz önüne alındığında o zaman için olumlu olarak değerlendirilebilir (Arslan & Çiçekgil, 2018). Ancak 2021'de bu durum, sadece Avrupa kıtasında geçerli hale gelmiştir. Tüketim trendi, günümüzde dünya, Amerika kıtası ve Türkiye örneğinde yukarıya doğru, Avrupa kıtası örneğinde ise aşağıya doğru seyir izlemektedir.

Tarım sektöründeki yapısal sorunlar, hemen hemen her ülkede benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte Türkiye'de temel tarımsal girdiler yönünden dışa bağımlılık çok yüksektir. Dışa bağımlılık durumu, bir yandan tarım sektöründeki arz güvenliğini tehlikeye atarken diğer yandan tarımsal üretim maliyetlerinin çok yükselmesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle, tarımsal girdilerin fiyatları ve dolayısıyla üretimin maliyeti döviz kurundaki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Örneğin, en büyük tarımsal girdi kalemleri arasında bulunan akaryakıt, gübre, tohum ve zirai ilaç tarımsal üretimde toplam maliyetin yaklaşık %85 ila 90'ını oluşturmaktadır. Yine söz konusu girdilerin her birinde yaklaşık %90 dışa bağımlılık vardır (Bilir vd., 2021).

Bu çalışma, 1981-2022 döneminde Türkiye'deki zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru ilişkisini güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Türkiye'de özellikle son yıllarda tarımsal girdi fiyatlarında ciddi yükselişlerin yaşanmış ve hala yaşanıyor olması söz konusu ilişkinin araştırılmasını konu olarak dikkate değer kılmaktadır. Çünkü Türkiye, tarımsal girdilerde dışarıya oldukça bağımlıdır. Bu bağlamda, ele alınan konu kapsamında ulaşıldığı bulgularla ve ortaya koyduğu politika önerileriyle bu çalışma hem literatüre hem pratiğe katkı sunacaktır. Literatürde zirai ilaç konusunu ele almış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmalardan bir kısmı, literatür özeti olarak Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. Literatür özeti**Table 1.** Summary of the literature

Yazar(lar) ve yıl	Çalışmanın amacı	Çalışmanın yöntemi
Özel (2004)	Şanlıurfa'da faaliyet gösteren zirai ilaç bayilerinin pazarlama yapı ve sorunlarını belirleyip çözüm önerileri geliştirmek	Anket
Tiryaki vd. (2010)	Türkiye, Avrupa ülkeleri ve dünya genelinde zirai ilaç tüketimini karşılaştırmak	-
Akdoğan vd. (2012)	Zirai ilaçlar ile ilgili bilgi vermek ve tüketiminin ekosisteme etkisini irdelemek	-
Rahman (2013)	Bangladeş'te 1977-2009 döneminde zirai ilaç tüketiminin belirleyicilerini zaman serisi verileriyle analiz etmek	Sıradan En Küçük Kareler (OLS) Regresyon Analizi ve Üç Aşamalı En Küçük Kareler (3SLS) Regresyon Analizi
Özkaya vd. (2013)	İnsektisit zehirlenmeleri ile ilgili bilgi vermek ve Türkiye'deki vakaları/durumu değerlendirmek	Doküman Analizi
Fernandez-Cornejo et al. (2014)	Amerika Birleşik Devletleri'nde 21 çeşit bitkisel ürün örnekleminde 1960-2008 döneminde tüketilen zirai ilaç miktarını ortaya koymak	Doküman Analizi
Tunçdemir (2016)	Adıyaman'daki çiftçilerin güvenli zirai ilaç tüketimi ile ilgili bilgi, tutum ve uygulamalarını belirlemek ve bu konuda aldıkları eğitimin etkinliğini değerlendirmek	Anket
Kaplan (2016)	Güneydoğu Anadolu Projesi tarım alanlarında tüketilen zirai ilaçların güvenilir gıda ve tarım etiğine etkisini değerlendirmek	Mülakat
Sheahan et al. (2017)	Sahra Altı Afrika'da zirai ilaç tüketiminin insan sağlığına etkilerini incelemek	Anket
Camcı (2017)	Sera domateslerinde zirai ilaç kalıntılarını azaltma yöntemlerinden en etkili olanını belirlemek	-
Akar & Tiryaki (2018)	Antalya'daki çiftçilerin zirai ilaç tüketimi konusunda bilgi düzey ve duyarlılıklarını araştırmak	Anket
Eltez & Eltez (2019)	Bakırçay havzasındaki seralarda zirai ilaç tüketimi uygulamalarını incelemek	Anket
Özyörük vd. (2019)	Manisa'daki zirai ilaç bayilerinin bitki koruma ile ilgili mesleki tutum ve davranışlarını belirlemek	Anket
Kulaksız & Akgün (2020)	Meriç Nehri suyu kullanılarak üretilen çeltiklerdeki zirai ilaç kalıntılarının insan ve çevre sağlığı açısından yasal değerleri aşip aşmadığını araştırmak	-
Huyen et al. (2020)	Vietnam'da zirai ilaç tüketiminin çiftçilerin sağlığına etkisini araştırmak	Anket
Yu et al. (2020)	Çin'de tarımsal ürünlerdeki zirai ilaç kalıntılarını zaman serisi verileriyle tahmin etmek	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar (ARIMA) Modeli
Gao et al. (2021)	Çin'de çiftlik büyükleriyle zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi panel verileriyle araştırmak	OLS Regresyon Analizi ve İki Aşamalı En Küçük Kareler (2SLS) Regresyon Analizi

Çizelge 1. Devamı**Table 1.** Continued

Yazar(lar) ve yıl	Çalışmanın amacı	Çalışmanın yöntemi
Dobrin et al. (2022)	Romanya ve Avrupa Birliği'nde (AB) zirai ilaç tüketiminin tarımsal verimliliğe etkisini tahmin etmek	Hesaplanabilir Genel Denge Modeli
Karakaş (2022)	Çin, Türkiye, İran ve Hindistan örneklerinde zira ilaç tüketiminin bal verimine etkisini panel veriyle test etmek	Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) Testi ve Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Testi
Najafabadi et al. (2022)	İran'da tarımsal üretimle zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmak	ARDL Testi
Wang et al. (2022)	Çin'de zirai ilaç tüketilmeyen tarım çağına ne zaman adım atılacağını zaman serisi verileriyle öngörmek	ARIMA Modeli
Batur vd. (2023)	Düzce'de fındık bahçelerindeki tarımsal uygulamaları ve zirai ilaçlar ile ilgili sorunları belirlemek	Anket
Athukorala et al. (2023)	Sri Lanka'da zirai ilaç tüketiminin hem çiftçilerin sağlığına hem tarımsal verimliliğe etkisini ölçmek	Anket
Zafeiriou et al. (2023)	AB tarımında ekonomik büyüme ve zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi panel veriyle araştırmak	Doğrusal Olmayan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Testi (NARDL)

Literatür özetinde görüldüğü üzere zirai ilaç konusu, genel itibarıyla hem insan ve çevre sağlığına, tarımsal üretime ve ekonomik kalkınmaya etkisi hem tüketimi belirleyen unsurlar temelinde ele alınmış ve bu yapılırken genellikle anket, mülakat, doküman analizi ve geleneksel veri analizleri yöntem olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ise;

1. Türkiye özelinde son birkaç yılda hızla yükselen ve yükselişini sürdüren döviz kurunun, işlenen birim arazi büyüklüğü giderek daralırken 50.000 tonu geçen ve giderek artan zirai ilaç tüketimine etkisi konu olarak ele alınmaktadır.
2. Yöntem olarak güncel zaman serisi analizi yöntemleri arasında sayılan, birbiriyle uyumlu çalışan kesirli-frekanslı Fourier testler uygulanmaktadır.

Dolayısıyla bu çalışma, ele aldığı konu ve güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanması yönüyle önceki çalışmalardan farklılaşmakta ve güncel bir nitelik taşımaktadır.

Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan gelişmelerle ilgilenen politika yapıcıların, araştırmacıların, özel kuruluşların ve diğer tüm tarımsal paydaşların dikkatini geliştirilen politika önerilerine çekmek suretiyle bu çalışmanın fayda sağlaması umulmaktadır.

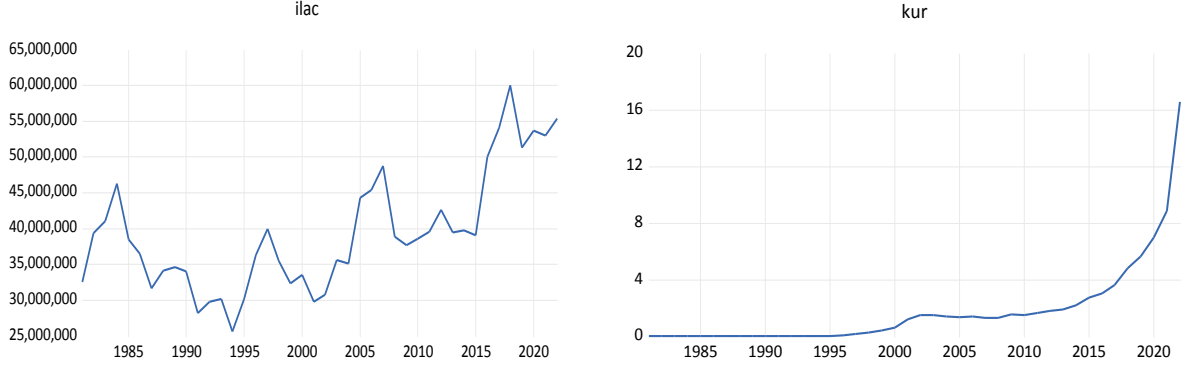
Çalışma kapsamında ilk önce materyal ve yöntem ile ilgili bilgi yer verilmiş, daha sonra analizlerden elde edilen bulgular ortaya konulup değerlendirilmiş ve son olarak bulgulardan hareketle politika önerileri geliştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Daha önce belirtildiği üzere bu çalışma, Türkiye'de zirai ilaç tüketiminin döviz kuruyla ilişkisini araştırmaktadır. Bu doğrultuda yıllık toplam zirai ilaç tüketim miktarı ve ortalama döviz kuru verileri kullanılmıştır. Veri setleri, dönem olarak 1981-2022 yıllarını kapsamaktadır (Çizelge 2 ve Şekil 1).

Çizelge 2. Veriler ve kaynakları**Table 2.** Data and data sources

Veri	Verinin kaynağı/kaynakları	Veri ile ilgili bilgi
Yıllık toplam zirai ilaç tüketim miktarı	(TÜİK, 2001); (TÜİK, 2023)	Kilogram olarak yayınlanan ve insektisit, fungusit, herbisit, akarisit, rodentisit, mollussisit ve diğer zirai ilaçların tüketimini temsil eden veridir.
Yıllık ortalama döviz kuru	(World Bank, 2023)	Dolar/TL olarak yayınlanan veridir.

**Şekil 1.** Serilerin izlediği seyir.**Figure 1.** Course of series.

Analiz kısmında ilk önce birim kök testleriyle değişkenlerin durağanlık düzeyleri, daha sonra eşbütünleşme testiyle değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Analizlerde yöntem olarak Bozoklu et al. (2020) tarafından geliştirilmiş Kesirli-Frekanslı Fourier Augmented Dickey Fuller (KFFADF) birim kök ve İlkay et al. (2021) tarafından geliştirilmiş Kesirli-Frekanslı Fourier Autoregressive Distributive Lag (KFFADL) eşbütünleşme testleri uygulanmıştır.

KFFADF birim kök testi, bir yandan bir serideki yapısal değişimleri dikkate aldığı için geleneksel ADF birim kök testine göre diğer yandan Fourier fonksiyonlarını kullandığı için yapısal değişimleri kukla değişken marifetiyle dikkate alan birim kök testlerine göre çok daha güçlü bir testtir.

$$\Delta ilac_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_3 ilac_{t-1} + \sum_{i=1}^P \varphi_i \Delta ilac_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta kur_t = \beta_0 + \beta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_3 kur_{t-1} + \sum_{i=1}^P \gamma_i \Delta kur_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

KFFADF birim kök testinde 1 ve 2 numaralı denklemlerdeki modeller tahmin edilmektedir. Modellerde yer alan *ilac* zirai ilaç tüketimini, *kur* döviz kurunu, Δ birinci fark operatörünü, π 3.1416 sayısını, k frekans değerini, t trendi, T gözlem sayısını ve ε_t , μ_t ise hata terimlerini ifade etmektedir (Bozoklu et al., 2020).

Tahmin kısmında ilk önce frekans değeri (kesirli veya tamsayı) tespit edilmektedir. Daha sonra F testi kullanılarak *sin* ve *cos* şeklindeki trigonometrik terimlerinin içinde bulunduğu fonksiyonların anlamsız olduğu temel hipotezi (H_0) sınanmaktadır. Bu hipotezin reddedilememesi durumunda geleneksel ADF birim testi uygulanmaktadır. Fonksiyonlar anlamlıysa Fourier ADF test istatistiği kullanılarak değişkenin durağanlığına bakılmaktadır. F testi için kritik değerleri Enders & Lee (2012), durağanlık için kritik değerleri Bozoklu et al. (2020) tablo haline getirmişlerdir.

Banerjee et al. (2017) tarafından geliştirilmiş Fourier ADL eşbütünleşme testi, Fourier fonksiyonlarını kullanarak sayısı belirsiz yumuşak yapısal değişimleri dikkate almaktadır. Dolayısıyla bu test, yapısal değişimleri kukla değişken marifetiyle dikkate alan eşbütünleşme testlerine göre çok daha güçlüdür. Ancak bu testte frekans değeri (k) tamsayı olarak hesaplandığı için kalıcı yapısal değişimler yakalanamamaktadır. Bu eksikliği gidermek için Fourier ADL eşbütünleşme testi, frekans değerinin 0.1 ile 5 arasında kesirli bir sayı olmasına izin verecek şekilde Ilkay et al. (2021) tarafından genişletilerek kalıcı yapısal değişimleri de yakalayabilecek hale getirilmiştir.

$$\Delta ilac_t = \alpha_0 + \beta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_1 ilac_{t-1} + \delta_2 kur_{t-1} + \delta_3 \Delta ilac_{t-1} + \delta_4 \Delta kur_{t-1} + v_t \quad (3)$$

KFFADL eşbütünleşme testinde 3 numaralı denklemdeki model tahmin edilmektedir. Modelde yer alan *ilac* bağımlı değişken olarak atanan zirai ilaç tüketimini, *kur* ise bağımsız değişken olarak atanan döviz kurunu temsil etmektedir. v_t hata terimidir. Bu testi uygulayabilmek için değişkenlerin I (1) olması gerekmektedir.

Tahmin kısmında ilk önce frekans değeri ve test istatistiği hesaplanmaktadır. Daha sonra değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı temel hipotezi, test istatistiğiyle uygun tablo kritik değeri karşılaştırılmak suretiyle sınanmaktadır. Test istatistiği mutlak değer olarak tablo kritik değerinden büyükse değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu varsayılmaktadır (H_1 kabul). Kritik değerler, Ilkay et al. (2021) tarafından tablo haline getirilmiştir. Son aşamada *sin* ve *cos* trigonometrik terimleri 3 numaralı denklemde yer alan modele eklenmekte ve Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) tahmincisiyle uzun dönem ve hata düzeltme katsayıları tahmin edilmektedir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Testler, değişkenlerin doğal logaritmik (*log*) formları (*logilac* ve *logkur*) üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler dahil edilerek kurulmuş olan tam logaritmik model denklem 4'te gösterilmektedir. Modeldeki *logilac* zirai ilaç tüketimine, *t* zamana, α sabit terime, δ katsayıya, *logkur* döviz kuruna ve ε ise hata terimine karşılık gelmektedir;

$$\log ilac_t = \alpha + \delta \log kur_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

Aşağıda birim kök ve eşbütünleşme testlerinin sonuçları yer almaktadır (Çizelge 3, 4 ve 5).

Çizelge 3. KFFADF birim kök testine ilişkin sonuç

Table 3. KFFADF unit root test result

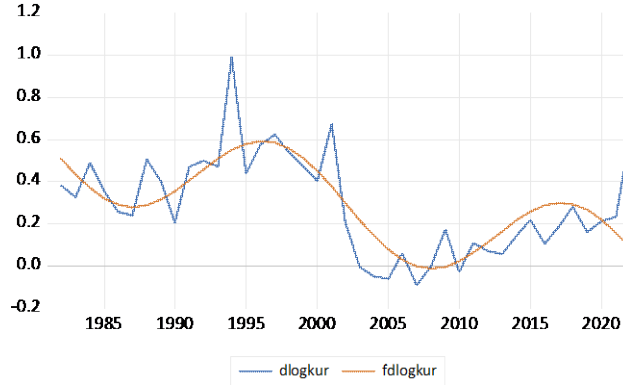
Değişkenler	Frekans değeri (k)	En küçük kareler toplamı	F kısıt test istatistiği	Uygun gecikme uzunluğu	FADF test istatistiği
logilac	0.1	0.365	5.204*	2	-4.670
logkur	1.4	0.730	12.258***	1	-2.696
dlogkur	1.7	0.803	8.536***	1	-4.189*

* ve *** sırasıyla trigonometrik terimlerin içinde bulunduğu fonksiyonların anlamsız olduğu temel hipotezinin %10 ve %1 anlamlılık düzeyinde kabul ve ret edildiğini ifade etmektedir. F kısıt test istatistiğinin karşılaştırıldığı %10 anlamlılık düzeyindeki tablo kritik değeri 7.78, %1 anlamlılık düzeyindeki tablo kritik değeri ise 12.21'dir.

* İlgili değişkenin durağan olmadığı temel hipotezinin %10 anlamlılık düzeyinde reddediildiğini ifade etmektedir. FADF test istatistiğinin karşılaştırıldığı %10 anlamlılık düzeyindeki durağanlık kritik değeri -3.871'dir.

Çizelge 3'te görüldüğü üzere zirai ilaç tüketimi değişkeni temelinde F kısıt test istatistiği tablo kritik değerinden küçük çıktığı için trigonometrik terimlerin içinde bulunduğu fonksiyonlar anlamsız, döviz kuru değişkeni temelinde ise anlamlıdır. Ayrıca k değerleri, kesirli sayı hesaplanmıştır. Dolayısıyla değişkenlerdeki yapısal değişimlerin etkisi kalıcıdır.

Zirai ilaç değişkeni temelinde Fourier fonksiyonları anlamsız olduğu için geleneksel ADF birim kök testi uygulanmıştır (Çizelge 4). Döviz kuru değişkeni temelinde Fourier fonksiyonları anlamlı olsa da hesaplanan FADF test istatistiği, %10 anlamlılık düzeyindeki (-4.012) durağanlık kritik değerinden (Bozoklu et al., 2020) mutlak değer olarak küçük çıkmıştır. Bu sonuçtan döviz kuru değişkeni düzeyde durağan değil anlamı ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla döviz kuru değişkeninin farkı (yani *dlogkur*) alınıp tekrar KFFADF birim kök testi uygulanmıştır (Çizelge 3).



Şekil 2. Farkı alınmış döviz kuru serisinin seyri ve Fourier fonksiyonları.

Figure 2. Course of first differenced exchange rate series and Fourier functions.

Şekil 2'de Fourier fonksiyonlarının farkı alınmış döviz kuru değişkeniyle uyumlu ve salınımları yakalamada başarılı olduğu görülmektedir. Yükseliş dönemlerinde artan, düşüş dönemlerinde ise azalan Fourier fonksiyonları, sadece keskin değişimleri değil, aynı zamanda yumuşak değişimleri de dikkate aldığı için söz konusu seriye çok daha yakın bir modelleme göstermektedir.

Çizelge 4. Geleneksel ADF birim kök testine ilişkin sonuç

Table 4. Traditional ADF unit root test result

Değişken	Test istatistikleri		
	Sabitli	Trendli ve sabitli	Trendsiz ve sabitsiz
logilac	-1.517 (p=0.514)	-3.084 (p=0.124)	0.698 (p=0.862)
dlogilac	-6.550* (p=0.000)	-3.832** (p=0.026)	-6.600* (p=0.000)

* ve ** sırasıyla ilgili değişkenin durağan olmadığı temel hipotezinin %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini ifade etmektedir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere zirai ilaç tüketimi değişkeni, düzey değerinde hiçbir modelde durağan değilken birinci farkı alındığında her üç modelde de durağanlaşmakta olduğu için I (1)'dir. Dolayısıyla hem zirai ilaç tüketimi hem döviz kuru değişkeni birinci farkları alındığında durağan nitelik sergilemektedir. Çizelge 3 ve 4'teki birim kök testleriyle değişkenlerin I (1) olduğu tespit edildiği için KFFADL eşbütünleşme testini uygulayabilme şartı sağlanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. KFFADL eşbütünleşme testine ilişkin sonuç

Table 5. KFFADL cointegration test result

Tahmin edilen model	Gecikme uzunluğu	Frekans değeri (k)	Test istatistiği	Tablo kritik değeri	Eşbütünleşme ilişkisi
logilac = f(logkur)	3	1.9	-5.054	-5.008*	Var

* k = 1.9, n (bağımsız değişken sayısı) = 1 ve %1 anlamlılık düzeyine karşılık gelen tablo kritik değerini ifade etmektedir.

Çizelge 5'te görüldüğü üzere -5.054 değeri, mutlak değer olarak %1 anlamlılık düzeyindeki -5.008 değerinden büyüktür. Dolayısıyla zirai ilaç tüketimi ve döviz kuru değişkenleri arasında bir eşbütünlüşme ilişkisi bulunmakta olup temel hipotez (H_0 : Değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi yoktur.) reddedilmiştir. Ayrıca frekans değerinin kesirli olması, eşbütünlüşme ilişkisini etkileyen yapısal değişimlerin kalıcılığına işaret eder. Bu ilişkinin var olduğu belirlendikten sonra sırasıyla uzun dönem katsayıları ve kurulan hata düzeltme mekanizmasının çalışıp çalışmadığı ortaya konulmuştur (Çizelge 6 ve 7).

Çizelge 6. FMOLS uzun dönem katsayısı tahminine ilişkin sonuç

Table 6. FMOLS long run coefficient estimation result

Bağımlı değişken: logilac				
Bağımsız değişkenler	Katsayı	Standart hata	t-istatistik	Olasılık değeri (p)
logkur	-0.366	0.122	-3.001	0.004*
c	13.869	1.203	11.523	0.000*
sin	-0.122	0.057	-2.136	0.039**
cos	0.332	0.091	3.618	0.000*

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir. FMOLS tahmincisi için Jarque-bera olasılık değeri 0.345 olarak belirlenmiştir. Bu durum, tahminci temelindeki hata teriminin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere döviz kuru, sabit terim ve cos trigonometrik terimi için olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinde, sin trigonometrik terimi için olasılık değeri ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Döviz kuru değişkeninin katsayısı negatiftir. Dolayısıyla döviz kuru değişkeniyle zirai ilaç tüketimi değişkeni arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Sonuca göre döviz kurundaki %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketimini uzun dönemde yaklaşık %0.37 düşürmektedir.

Çizelge 7. Hata düzeltme katsayısı tahmin sonucu

Table 7. Error correction coefficient estimation result

Bağımlı değişken: dlogilac				
Değişken	Katsayı	Standart hata	t-istatistik	Olasılık değeri
Hata düzeltme katsayısı	-0.569	0.125	-4.542	0.000*
c	0.038	0.014	2.646	0.011**
d (logkur)	-0.109	0.060	-1.808	0.078***

*, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Hata düzeltme katsayısı, 0 ile -2 arasında bir değer almalıdır (Alam & Quazi, 2003). Çizelge 7'de görüldüğü üzere ilgili katsayı, negatif olup %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Yani hata düzeltme mekanizması çalışmaktadır/kısa dönemde oluşan dengeden sapmalar uzun dönemde ortadan kalkmaktadır. Ayrıca döviz kuru, zirai ilaç tüketimini kısa dönemde de negatif etkilemektedir. Sonuca göre döviz kurundaki %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketimini yaklaşık %0.10 düşürmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'deki döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisi incelenmiştir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin çalışmanın konusu olarak ele alınması, özellikle son birkaç yılda döviz kurunda yaşanan çok hızlı yükselişin etkisiyle tarımsal girdi fiyatlarının da yükselmesi ve dolayısıyla üretimin giderek maliyetli hale gelmesi nedeniyle.

Türkiye örneğinde döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisini ekonometrik analizle incelemiş bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla literatürden bu iki değişken arasındaki ilişki ile ilgili net bir sonuç çıkarmak mümkün değildir. Bu çalışma kapsamında ise güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanarak söz konusu ilişkiyi net bir şekilde ortaya koymak amaçlanmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda birim kök ve eşbütünlük testleri uygulanarak zaman serisi analizi yapılmıştır. Veri dönemi, derlenebilen verilerden hareketle, 1981-2022 olarak karşılaştırılmıştır. Analizde yöntem olarak KFFADF birim kök ve KFFADL eşbütünlük testleri kullanılmıştır.

KFFADL eşbütünlük test sonuçlarına göre; zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru arasında hem uzun hem kısa dönemde negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna göre döviz kurunda yaşanan %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketiminde uzun ve kısa dönemde sırasıyla yaklaşık %0.37 ve %0.10 düşüşe neden olmaktadır.

Türkiye'de döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisinin analizi kapsamında varılmış olan "Döviz kuru yükselişi, zirai ilaç tüketim miktarını azaltmaktadır." şeklindeki sonuç, Myung-Hwan (1999), Ayu & Aulia (2019), Sarabi et al. (2020) ve Salem et al. (2021) tarafından yapılmış çalışmalarda varılan sonuçları destekleyip literatürdeki teorik varsayımı doğrularken, Tjomhom et al. (1998) ve Yeboah et al. (2009) tarafından yapılmış çalışmalarda ulaşılan sonuçları ise desteklememektedir. Varılan sonuç, çalışmanın özgünlüğü itibarıyla Türkiye örneklemini için bir ilk mahiyetindedir.

Araştırmanın bulgularından hareketle Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan değişimin temel dinamiklerinden birinin döviz kurundaki yükseliş olduğu açık bir şekilde söylenebilir. Döviz kurundaki yükseliş, zirai ilaç tüketimini negatif etkilemektedir. Bilindiği üzere tarım sektörü, hem iç hem dış gıda talebi ihtiyacını karşılaması, milli gelir yükselişine katkı sunması ve tarım dışındaki sektörlerle üretim girdileri sağlaması yönüyle stratejik bir sektör olma özelliğine sahiptir. Tarımsal üretimin taşıdığı bu işlevlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi noktasında zirai ilaç gibi temel girdilerin üretim sürecinde doğru zamanda, miktarlarda, yerlerde ve amacı yönünde tüketilmesi önemlidir. Ayrıca böyle yapılan tüketim, hem insan, hayvan ve çevre sağlığını korumak hem gereksiz tarımsal üretim maliyetlerinden kaçınmak için gereklidir.

Buradan hareketle;

- Zirai ilaçta Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltmak için kısa dönemde zira ilaç tüketiminin daha fazla miktarlarda destekleme ödemesiyle sübvansede edilmesi, uzun dönemde ise yerli ilaç üretiminin çeşitli teşvik/destek (Ar&Ge desteği, Faiz desteği, Vergi muafiyeti, Yatırım yeri tahsis vb.) mekanizmaları hayata geçirilerek olabildiğince desteklenmesi gerekmektedir. Böylelikle zirai ilaçlarda hem sağlıklı fiyat oluşumu hem arz güvenliği sağlanabilecektir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Kredi Kooperatifleri ve üretici birlikleri arasındaki iş birliğiyle Türkiye genelinde konuda uzman ziraat mühendisleri tarafından doğru ve dengeli zirai ilaç tüketimi hakkındaki teknik bilginin çiftçilere üretim yaptıkları arazilerinde, Tarım İl ve İlçe Müdürlüklerinde veya birim kooperatiflerde basit bir anlatımla aktarılması ve zirai ilaç tüketimlerinin aktarılan bu bilgi doğrultusunda olup olmadığının düzenli olarak takip edilmesi yoluyla yanlış ve dengesiz zirai ilaç tüketimi azaltılabilir. Ziraat mühendislerinin bu amaçla mobilize edilmeleri önem arz etmektedir. Bu bağın tesis edilebilmesi için ziraat mühendislerinin özellikle birim kooperatiflerde muhasebe ve evrak işi gibi görev tanımları dışındaki işlerde çalıştırılmamaları ve günün büyük bir bölümünü sahada geçirmeleri sağlanmalıdır. Ayrıca çiftçilerin ziraat mühendislerine yönelik görüşlerinin de ölçüt olarak yer aldığı kurumsal performans karneleri geliştirilip uygulanmalı ve sonuçları düzenli ve şeffaf bir şekilde ziraat mühendisleriyle paylaşılıp performansın kötü olduğu noktalar ile ilgili iyileştirici tedbirler yöneticiler tarafından alınmalıdır.
- Zirai ilaç ticareti ve tüketimi konusunda izlenebilirliği artırmak için barkod sistemi daha da etkinleştirilmeli, reçete sisteminin aksaklıkları giderilmeli ve hangi çiftçinin hangi zirai ilacı/ilaçları tükettiğine dair Çiftçi Kayıt Sistemi'ne entegre bir kayıt sistemi geliştirilmelidir.

Bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Birincisi, veri döneminin 1981-2022 yıllarıyla sınırlı olmasıdır. İkincisi ise sadece döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisinin analiz edilmesi ve zirai ilaç tüketimini etkileyen diğer birçok faktörün incelenememesidir. Bu çalışmadan hareketle gelecek çalışmalarda Türkiye örnekleminde tarımsal kredilerin, enflasyon düzeyinin ve devlet destekleme

ödemelerinin zirai ilaç tüketimine etkisi güncel zaman serisi analizi yöntemleri kullanılarak daha geniş bir dönem aralığında incelenebilir.

Veri Kullanılabilirliği

Çalışma ile ilgili tüm veriler makalede yer almaktadır.

Yazar Katkıları

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

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederim.

Finansal Destek

Bu çalışma herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından finansal olarak desteklenmemiştir.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. H. Ece SALALI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akar, Ö. & O. Tiryaki, 2018. Antalya ili'nde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1): 60-70.
- Akdoğan, A., Ü. Divrikli & L. Elçi, 2012. Pestisitlerin önemi ve ekosisteme etkileri. Akademik Gıda, 10 (1): 125-132.
- Alam, I. & R. Quazi, 2003. Determinants of capital flight: an econometric case study of Bangladesh. International Review of Applied Economics, 17 (1): 85-103. <https://doi.org/10.1080/713673164>
- Altıkat, A., T. Turan, F.E. Torun & Z. Bingül, 2009. Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (2): 87-92.
- Arslan, S. & Z. Çiçekgil, 2018. Türkiye'de tarım ilacı kullanım durumu ve kullanım öngörüsü. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 4 (1): 1-12.
- Athukorala, W., B.L. Lee, C. Wilson, H. Fujii & S. Managi, 2023. Measuring the impact of pesticide exposure on farmers' health and farm productivity. Economic Analysis and Policy, 77: 851-862.
- Ayu, S.F. & D. Aulia, 2019. "The influence of price of pesticide to its application, 1-5". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (24-25 October 2019, Medan) Papers, IOP Publishing No: 260, 012014.
- Banerjee, P., V. Arčabić & H. Lee, 2017. Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from crude oil market. Economic Modelling, 67: 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.004>
- Batur, T., Z.F. Arslan & N. Altın, 2023. Düzce ili fındık bahçelerinde tarımsal uygulamalar ve üreticilerin pestisit kullanım durumu. Akademik Ziraat Dergisi, 12 (Özel Sayı): 261-270. <https://doi.org/10.29278/azd.1354632>
- Bilir, H., E.Ö. Kazak, M. Gerçek, A. Korkmaz & B. Özcan, 2021. Yaş meyve ve sebze sektör incelemesi nihai raporu. (Web sayfası: <https://www.rekabet.gov.tr/Dosya/seyktor-raporlari/yas-sebze-ve-meyve-sektor-raporu-nihai-rapor-yayinlanan-revize16-03-22-20220316161703231-pdf>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Bozoklu, S., V. Yilanci & M.S. Gorus, 2020. Persistence in per capita energy consumption: a fractional integration approach with a Fourier function. Energy Economics, 91: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104926>
- Camcı, E., 2017. Serada Yetiştirilen Domateslerde İnsektisit Kalıntılarını Azaltma Yöntemlerinin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi. Aydın, 51 s.
- Dobrin, C., E.O. Croitoru, R. Dinulescu & I. Marin, 2022. The impact of pesticide and fertiliser use on agricultural productivity in the context of the "farm to fork" strategy in Romania and the European Union. Amfiteatru Economic, 24 (60): 346-360. <https://doi.org/10.24818/EA/2022/60/346>
- Eltez, R.Ş. & S. Eltez, 2019. Bakırçay havzası seralarında bitki koruma uygulamaları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 56 (4): 535-544.

- Enders, W. & J. Lee, 2012. The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117 (1): 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>
- Eyhorn, F., T. Roner & H. Specking, 2015. Pestisit kullanımını ve pestisitlere ilişkin riskleri azaltmak: nasıl bir eyleme ihtiyaç var?. (Web sayfası: <https://www.zehirsizkentler.org/wp-content/uploads/2021/12/Pestisit-kullanimini-azaltmak.pdf>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- FAO, 2023a. FAOSTAT pesticides use. In Land, Inputs and Sustainability data topic. (Web sayfası: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- FAO, 2023b. Pesticides use and trade 1990-2021. (Web sayfası: <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc6958en>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Fernandez-Cornejo, J., R. Nehring, C. Osteen, S. Wechsler, A. Martin & A. Vialou, 2014. Pesticide use in U.S. agriculture: 21 selected crops, 1960-2008. (Web sayfası: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/43854/46734_eib124.pdf) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Gao, J., Q. Gai, B. Liu & Q. Shi, 2021. Farm size and pesticide use: evidence from agricultural production in China. *China Agricultural Economic Review*, 13 (4): 912-929. <https://doi.org/10.1108/CAER-11-2020-0279>
- Huyen, V.N., N.V. Song, N.T. Thuy, L.T.P. Dung & L.K. Hoan, 2020. Effects of pesticides on farmers' health in Tu Ky district, Hai Duong province, Vietnam. *Sustainable Futures*, 2: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100026>
- Ilkay, S.Ç., V. Yilanci, R. Ulucak & K. Jones, 2021. Technology spillovers and sustainable environment: evidence from time-series analyses with Fourier extension. *Journal of Environmental Management*, 294: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113033>
- Kaplan, E., 2016. Gap bölgesinde kullanılan pestisitlerin güvenilir gıda ve tarım etiğine etkisi. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 3 (4): 198-205.
- Karakaş, G., 2022. Pestisit kullanımının bal verimi üzerine etkisi; panel veri analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (5): 1163-1167. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi>
- Kulaksız, Ç. & A. Akgün, 2020. Meriç nehri (Edirne) boyunca nehir suyuyla sulanan çeltiklerde pestisit kalıntıları. *Akademik Gıda*, 18 (1): 36-44. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.730084>
- Myung-Hwan, S., 1999. Effects of exchange rate changes on agricultural prices under the financial crisis in Korea. *Journal of Rural Development*, 22: 1-14.
- Najafabadi, M.M., A. Mirzae, S.S. Laskookalayeh & H. Azarm, 2022. An investigation of the relationship among economic growth, agricultural expansion, and chemical pollution in Iran through decoupling index analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 76101-76118.
- Özel, R., 2004. Şanlıurfa ilinde zirai ilaç bayilerinin pazarlama yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 41-49.
- Özercan, B. & R. Taşçı, 2022. Türkiye'de pestisit kullanımının iller, bölgeler ve pestisit grupları açısından incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375): 75-88. <https://doi.org/10.33724/zm.1120599>
- Özkaya, G., A. Çeliker & B. Koçer-Giray, 2013. İnsektisit zehirlenmeleri ve Türkiye'deki durumun değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70 (2): 75-102.
- Özyörük, A., E. Erbek & Ü. Arslan, 2019. Manisa ili Salihli ve Sarıgöl ilçelerindeki zirai ilaç bayilerinin mesleki tutum ve davranışları ve üreticiler ile ilgili gözlemleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (Ek Sayı 1): 125-132. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.533412>
- Rahman, S., 2013. Pesticide consumption and productivity and the potential of IPM in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 445&446: 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.032>
- Salem, F., R. Eladawy, A.A. Al-Nafili & O.H. Zaki, 2021. The impact of exchange rate liberalization on the most important cereal crops in Egypt (wheat). *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, 47 (4): 485-497.
- Sarabi, Z., V. Ansari, H. Salami & S.S. Hosseini, 2020. Analyzing the effect of increase in exchange rate on cost price of agricultural products. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 34 (2): 201-221.
- Sheahan, M., C.B. Barrett & C. Goldvale, 2017. The unintended consequences of agricultural input intensification: human health implications of pesticide use in Sub-Saharan Africa. *Africa Economic Brief*, 8 (4): 1-6.
- Tezer, N., 2021. Zirai mücadele ilaçlarının insan ve çevre sağlığına etkileri. (Web sayfası: <https://www.tzob.org.tr/zirai-mucadele-ilaclarinin-insan-ve-cevre-sagligina-etkileri-2021>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).

- Tiryaki, O., R. Canhilal & S. Horuz, 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26 (2): 154-169.
- Tjomhom, J.D., G.W. Norton & V. Gapud, 1998. Impacts of price and exchange rate policies on pesticide use in the Philippines. Agricultural Economics, 18 (2): 167-175.
- TÜİK, 2001. Tarımsal göstergeler 1923-1998. (Web sayfası: <https://kutuphane.tuik.gov.tr/yordambt/yordam.php>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- TÜİK, 2023. Tarımsal ilaç istatistikleri - tarımsal ilaç kullanımı. Tarım - İstatistiksel Tablolar. (Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Tunçdemir, A., 2016. Adıyaman İl Merkezinde Çiftçilerin Güvenli Pestisit Kullanımı ile ilgili Bilgi, Tutum, Uygulamaları ve Eğitim Etkisi. İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi. Malatya, 116 s.
- Wang, X., Y. Chi & F. Li, 2022. Exploring China stepping into the dawn of chemical pesticide-free agriculture in 2050. Frontiers in Plant Science, 13: 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.942117>
- WorldBank, 2023. Official exchange rate (LCU per US\$, period average)-Türkiye. Data. (Web sayfası: <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.FCRF?locations=TR>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Yeboah, O., S. Shaik & A. Allen, 2009. Exchange rates impacts on agricultural inputs prices using VAR. Journal of Agricultural and Applied Economics, 41 (2): 511-520.
- Yu, W.P., X.Y. Han, Y.Y. Wang & J. Yang, 2020. "Prediction of pesticide residues in agricultural products based on time series model in Chengdu, China, 1-16". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (23-26 August 2020, Online Conference), Papers, IOP Publishing No: 594, 012022.
- Zafeiriou, E., C. Karelakis, I. Martínez-Zarzoso, K. Galanopoulos & D. Gkika, 2023. Economic development and pesticide use in EU agriculture: a nonlinear panel data autoregressive distributed lag approach. Agriculture (Switzerland), 13 (9): 1-22. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091693>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):487-500
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1426051>

Elif ŞENYÜZ¹

Hacer TÜFEKCI^{2*}

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 66100, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 66100, Yozgat, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

hacer.tufekci@bozok.edu.tr

Küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi*

Investigation of food safety awareness and consumer behavior in products obtained from small ruminants

* Bu çalışma TÜBİTAK BİDEB tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012104727 başvuru numarası ile desteklenmiştir.

Received (Alınış): 26.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 26.07.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada Yozgat ilinde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırmanın ana materyalini, Yozgat ilinde tesadüfi olarak belirlenen tüketicilerden anket yoluyla elde edilen orijinal veriler oluşturmaktadır.

Araştırma Bulguları: Katılımcıların %96.7'si gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verdiğini bildirmiştir. Ayrıca katılımcıların %85.7'si daha önce gıda güvenliği kavramını duyduklarını ve çoğunlukla gıda güvenliği sertifikaları hakkında bilgi sahibi olduklarını bildirmişlerdir. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemediği değişimler incelendiğinde; çoğunlukla kalite, tazelik, güvenilirlik, lezzet, dayanıklılık ve verilen promosyonlarda azalma olduğunu belirtirken; fiyat, ambalaj ve etiket bilgilerinin arttığını belirtmişlerdir.

Sonuç: Katılımcıların koyun ve keçi eti tüketimini etkileyen en önemli faktör etin lezzet parametresi olup bunu alışkanlıklar, besin değeri ve sosyal çevre takip etmektedir. Bu durumun nedenleri arasında; katılımcıların koyun etini severek tüketmeleri, damak tadı ve bölgede arazi yapısının küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine uygun olması ile yaygın olarak küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapılması ön plana çıkmaktadır.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to examine food safety awareness and consumer behaviors regarding products obtained from small ruminants in Yozgat province.

Material and Methods: The main material of the research consists of the original data obtained through questionnaires from consumers randomly selected in Yozgat province.

Results: 96.7% of the participants reported that they attach importance to food safety when shopping for food. In addition, 85.7% of the participants reported that they had heard of the concept of food safety before and were mostly informed about food safety certificates. When the changes observed by the participants when purchasing food products in recent years are examined; they mostly stated that quality, freshness, reliability, flavor, durability and promotions have decreased, while price, packaging and label information have increased.

Conclusion: The most important factor affecting the consumption of small ruminants meat by the participants is the meat palatability parameter, followed by habits, nutritional value and social environment. Among the reasons for this situation, the fact that the participants consume sheep meat fondly, taste and the fact that the land structure in the region is suitable for sheep and goats breeding and that sheep and goat breeding is widely practiced are noteworthy.

Anahtar sözcükler: Gıda güvenliği, keçi, koyun, tüketici bilinci

Keywords: Food safety, goat, sheep, consumer awareness

GİRİŞ

Artan küresel nüfus, değişen sosyo-demografik özellikler gibi faktörlerle birleştiğinde, yalnızca daha fazla değil, aynı zamanda farklı türde gıda sağlamak için dünya kaynakları üzerinde artan bir baskı oluşturmaktadır (Henchion et al., 2017). Hayvansal üretim, ülkemizde tarım sektörü içerisinde katma değeri yüksek üretim kollarından biridir (Kopuzlu vd., 2016). Ayrıca hem insan beslenmesi hem de ülke ekonomisi için önem taşıyan bir tarımsal faaliyettir (Çetinkaya vd., 2023). Toplumun besin ihtiyacını karşılamak için hayvancılıktan bölgesel olarak en yüksek verimi ve kârlı üretimi sağlayabilecek şekilde yararlanmalıyız (Bebek & Keskin, 2018). Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği hem Yozgat hem de ülkemiz için önemli bir ekonomik değer olmasının yanı sıra, bu bölgede uzun yıllardır sürdürülen bir sosyal ve kültürel birikime de sahiptir. Bakım ve beslenme açısından birçok avantaja sahip olması nedeniyle küçükbaş hayvanlar et ve süt dışında yapağı, kıl, tiftik, deri, post, gübre gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilen çok sayıda ürüne sahiptir. Birçok sektör bu ürünlerden yoğurt, peynir, süt tozu, tereyağı, kefir, kozmetik, sabun, kaşmir, dondurma, bebek maması ve tekstil gibi ürünlerin üretimi için yararlanır.

Fizyolojik ihtiyaçlardan biri de gıdadır ve bu nedenle insan yaşamı için vazgeçilmezdir. Bununla birlikte, bu kaynağın güvenilirliği bulunabilirliği kadar önemlidir (Gözener vd., 2009). Tüketicilerin çoğunluğu, teknolojik ilerleme, ekonomik ve sosyal refahın artması nedeniyle gıda tüketimi ve gıda satın alma konusunda daha hassastır. Günümüzde, toplum sağlığını korumak ve gelecek nesillere sağlıklı bireyler yetiştirmek için beslenme en önemli konulardan biridir (Demirkol, 2007; Tosun & Hatırlı, 2009). Bu nedenle, dengeli beslenme için tüketim alışkanlıklarının ve tercihlerinin bilinmesi gerekmektedir (Akçay & Vatanserver, 2013). Tüketici bilincinin artması, koyun ve keçi etinin kalite özelliklerini ön plana çıkarmıştır. Günümüzde hayvansal ürünlerin üretiminde artık daha bilinçli ve organize bir üretici kitlesi vardır. Devlet tarafından yürütülen yetiştirici eğitim faaliyetleri, iletişim araçlarının halkın geneline yayılması nedeniyle son zamanlarda daha iyi hale gelmiştir. Ayrıca, lezzet ve kaliteye önem veren tüketiciler için seçme şansı da vardır. Kırmızı etin kalitesinin değerlendirilmesinde, yağlılık, renk, yumuşaklık, pişme süresi ve lezzeti en önemli kriterlerdir. Üretimde tüketicilerin taleplerine uygun kalite özelliklerine sahip ürünleri üretip, pazara sunma ihtiyacı ortaya çıkmıştır ve bilinçli tüketiciler ürün satın alırken daha seçici davranmaktadır (Karaca, 2015). Tüketicilerin yeme kalitesi ve besleyici değer hakkında farkındalıklarının artması nedeniyle nitelikli görünüme sahip etler artan bir şekilde daha fazla talep edilmektedir (Gerbens, 2004). Küçükbaş hayvanlardan elde edilen diğer bir ürün ise süttür. Süt ve süt ürünleri insanların beslenmesinde önemli bir yere sahip olmanın yanı sıra zengin içerikleri, yararlı besin öğeleri nedeniyle özellikle büyüme ve gelişme çağındaki bireylerin beslenmesinde de oldukça önemlidir (Ocak & Önder, 2014). Üretilen sütün kalitesini muhafaza altına alabilmek için hijyen koşullarına uyulması gerekmektedir. Gelişen teknoloji ve artan refah düzeyleri, süt ve süt ürünlerinin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Esenbuğa, 2017).

Gıda güvenliği, sağlıklı gıda üretimini garanti etmek için üretim, işleme, saklama, taşıma ve dağıtım süreçlerinde gerekli kurallara uyulması ve önlemler alınması anlamına gelir (Giray & Sosyal, 2007). Gıda sektörünün büyük ölçüde tüketici taleplerine bağlı olması gıda güvenliğine ilişkin tüketici davranışlarının belirlenmesine yönelik araştırmaların önemini artırmaktadır. Tüketicilerin farkındalığı ve bakış açısı, gıda güvenliği kavramını zaman içinde değiştirebilir. Gıda güvenliğini önemli kılan ve ön plana çıkmasını sağlayan birçok faktör vardır. Gıda güvenliği kavramı, fiyatları, arz talep seviyelerini, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini, üretimi aksatabilecek yetersiz kaynakların olmasını ve bunun sağlık ve çevre ile ilgili sorunlara yol açabileceği endişelerinden kaynaklanmaktadır (Koç & Uzmay, 2015). Farklı aşamalarda yapılan kontroller ile tüketime sunulan gıdaların ne ölçüde sağlıklı olduğu belirlenebilmektedir. Üreticinin kendisi, yasal kontrol kuruluşları ve tüketiciler en iyi kontrol denetleyicileridir. Bu nedenle tüketici davranışları oldukça önemli hale gelmektedir (Kızılaslan & Kızılaslan, 2008). Bu bağlamda, gıda güvenliğinin önemi artmış ve bu alanda çalışmaların yapılmasını önemli hale getirmiştir. Bu çalışmada Yozgat ilinde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma için etik kurul izni, Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu'nun 19.01.2022 tarihli ve 29/23 numaralı kararı ile alınmıştır. Çalışmanın ana materyali, Yozgat ilinde yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen verilerden oluşmaktadır. Anket uygulaması yapılan kişi sayısının belirlenmesinde, sınırlı popülasyonlarda maksimum örnek büyüklüğüne ulaşmak için kullanılan oransal örnek hacmi formülünden yararlanılmıştır (Newbold, 1995). Ana kitleye ilişkin bilgi mevcut olduğunda ve ana kitle 100.000' den büyük ise örnek büyüklüğü belirli bir güven aralığında hata payı ile hesaplanabilmektedir. Bu nedenle, Yozgat ili merkez ilçede toplam hane halkı sayısının 2020 yılı Yozgat İl Nüfus Müdürlüğü verilerine göre 100.000 üzerinde olduğu dikkate alındığında, %95 güven aralığında hata payı hesaplanacaktır. %95 güven aralığı ve %0.05 hata payı ile Yozgat merkez ilçe nüfusu dikkate alınarak örnek hacmi aşağıdaki formülden yararlanılarak 335 olarak hesaplanmıştır (Özdamar, 2004). Araştırma verilerinin analizinde IBM SPSS v24 programı kullanılmıştır (SPSS, 2016). Verilerin analizinde öncelikle tüketicilerin sosyo-demografik özellikleri ortaya konulmuş, daha sonra gıda güvenliği bilinci, gıda ürünleri tüketim ve satın alma davranışları analiz edilmiştir. Araştırmada basit aritmetik ortalama ve yüzde hesaplamalarından yararlanılmıştır.

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

Formülde; n: örnek hacmi, N: örnekleme çerçevesindeki toplam kişi sayısı, p: tahmin oranı, σ_p^2 : oranın varyansını ifade etmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Tüketicilerin sosyo-demografik özellikleri

Tüketicilere ait bazı sosyo-demografik özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur. Ankete katılanların %49.6'sı kadın, % 50.4'ü erkek; %57'si evli, % 43'ü bekar olup, %73.2'sini 40 yaş ve altındaki bireyler oluşturmaktadır. Ankete katılanların %29.3'ü öğrenci, %23.3'ü kamuda çalışan, %14.6'si özelde çalışan, %8'i işçi, %5.6'sı serbest meslek ve %19.1'i ev hanımı olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların %16.7'si ilkokul; %12.2'si ortaokul, %20'si lise, %45.7'si üniversite ve % 5.4'ü yüksek lisans mezunu olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 1. Araştırmaya katılan tüketicilere ait bazı sosyo-demografik özellikler

Table 1. Some socio-demographic characteristics of the consumers participating in the study

Cinsiyet	n	%	Medeni durum	n	%
Kadın	166	49.6	Evli	191	57.0
Erkek	169	50.4	Bekar	144	43.0
Yaş			Eğitim durumu		
19-30	156	46.6	İlkokul	56	16.7
31-40	89	26.6	Ortaokul	41	12.2
41-50	71	21.2	Lise	67	20.0
50 ve üstü	19	5.6	Üniversite	153	45.7
Meslek			Yüksek lisans	18	5.4
Öğrenci	98	29.3	İkamet edilen yer		
Kamu	78	23.3	İl merkezi 1-14	36	10.7
Özel	49	14.6	İl merkezi 15 yıl ve üstü	126	37.6
İşçi	25	8.0	İlçe 1-14	34	10.2
Serbest meslek	19	5.7	İlçe 15 yıl ve üstü	83	24.8
Ev hanımı	66	19.1	Köy 15 yıl ve üstü	56	16.7

Çizelge 1. Devamı

Table 1. Continued

	n	%		n	%
Aile birey sayısı			Yaşamının çoğunu geçirdiği yer		
1-2	14	4.2	Köy	64	19.1
3-4	176	52.5	İlçe	131	39.1
5-6	129	38.5	İl	121	36.1
7 ve üzeri	16	4.8	Büyük şehir	19	5.7
Ailede gıda kaynaklı bir zehirlenme geçirme durumu			Ailedeki çalışan kişi sayısı		
Evet-hazır gıdalar	26	7.8	Anne-baba	46	13.7
Evet-süt ve süt ürünleri	23	6.8	Baba	185	55.2
Evet-dışarda yemek	36	10.7	Baba ve bir yetişkin çocuk	65	19.4
Evet-et ürünleri-hazır gıda-dışardan yemek	29	8.7	Anne-baba-bir yetişkin çocuk	39	11.7
Hayır	221	66.0	Ortalama aylık gelir (TL)		
Ailenizde gıda seçimini etkileyecek hastalık durumu			2500-5000	57	17.2
Evet-gıda alerjisi	28	8.4	5001-7000	54	16.2
Evet-mide hastalıkları	29	8.7	7001-10000	45	13.5
Evet-kalp-damar-mide-tansiyon-diyabet	31	9.1	10001-15000	70	20.9
Evet-solunum yolu-tansiyon-diyabet-böbrek	25	7.5	15001-18000	68	20.3
Evet-vitamin-mineral eksikliği-gıda alerjisi	24	7.2	18001-20000	18	5.4
Hayır	198	59.1	20001 ve üstü	22	6.6

Tüketicilerin çoğunlukla aile birey sayısı (%52.5) 3-4 kişi olmakla beraber, genel olarak 15 yıl ve üzeri Yozgat il merkezi, ilçeleri veya köylerinde ikamet ettikleri belirlenmiştir. Ankete katılan bireylerin %17.2'si 2500-5000TL, %16.2'si 5001-7000TL, %13.5'i 7001-10000TL, %20.9'u 10001-15000TL, %20.3'ü 15001-18000TL, %5.4'ü 18001-20000TL ve %6.6'sı 20001TL ve daha fazla aylık gelir elde ettiklerini belirtmiştir. Ayrıca ailede çalışan kişi sayısına bakıldığında katılımcıların %13.7'si anne-baba; %52'si baba; %19.4'ü baba ve bir yetişkin çocuk ve %11.7'si anne-baba-bir yetişkin çocuk olduğu tespit edilmiştir. Ankete katılan bireylerin %59.1'i ailenizde gıda seçimini etkileyecek bir hastalık durumu var mı sorusuna hayır cevabını verirken, %40.9'u evet cevabını vermiştir. Katılımcıların %66'sı ailede gıda kaynaklı bir zehirlenme yaşanmadığını bildirirken %44'ü süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, hazır gıda veya dışarda yenilen yemek gibi nedenlerden dolayı gıda kaynaklı bir zehirlenme yaşadıklarını belirtmiştir.

Tüketicilerin gıda güvenliği bilgi düzeyi ve özellikleri

Araştırmaya katılan tüketicilerin %48.4'ü bilinçli bir tüketici olduğunu, %61.8'i gıda güvenliği konusuna ilgi duyduğunu ve %71.3'ü gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verdiğini belirtmiştir (Çizelge 2). Katılımcıların %85.7'si gıda güvenliği kavramını duyduğunu bildirirken; gıda güvenliği sertifikaları olarak ilk sırada (%44.2) sadece TSE, ikinci sırada ise (%30.1) TSE, HACCP, GLOBALGAP, ISO 9001 ile organik ve ekolojik ürün sertifikalarını bildiklerini belirtmiştir. Katılımcıların %93.1'i Alo 174 gıda hattını duyduğunu ve %30.8'i daha önce bu hattı kullandığını bildirmiştir. Ayrıca tüketicilerin %53.1'i tükettikleri gıdalardaki etiketi bazen okuduklarını belirtmiştir.

Tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu Çizelge 3'te ve tüketicilerin gıda alışverişinde gıda güvenliği konusundaki önem düzeyleri ise Çizelge 4'te verilmiştir. Ankete katılan tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu için kendilerine sorulan sorulara ağırlıklı olarak "çok önemli" cevabını verdiği belirlenmiştir. Benzer bir şekilde, tüketicilerin gıda alışverişinde çoğunlukla gıda güvenliği konusunun tüm gıda gruplarında çok önemli olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 2. Tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili kavramlar konusunda bilgisi**Table 2.** Consumers knowledge of concepts related to food safety

	n	%
Bilinçli bir tüketici olduğunuzu düşünüyor musunuz?		
Evet	162	48.4
Hayır	173	51.6
Gıda güvenliği ilgi durumu		
Çok ilgiliyim	51	15.2
İlgiliyim	207	61.8
Az ilgiliyim	77	23.0
Gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verme durumu		
Çok önemli	85	25.4
Önemli	239	71.3
Fark etmez	11	3.3
Gıda güvenliği kavramını duyma durumu		
Evet	287	85.7
Hayır	48	14.3
Gıda güvenliği konusunda bilgi kaynakları		
Televizyon-radyo	42	12.5
İnternet-sosyal medya	35	20.5
Bilimsel yayın-kitap-konu uzmanları	37	11.0
İnternet-sosyal medya-akraba-arkadaş	78	13.3
Televizyon-radyo-akraba-arkadaş-konu uzmanı	62	18.5
Hepsi	81	24.2
Gıda güvenliği sertifikaları bilme durumu		
TSE (Türk Standartları Enstitüsü)	148	44.2
TSE- HACCP- organik veya ekolojik ürün sertifikası	25	7.5
TSE- GLOBALGAP- ISO 9001	61	18.2
Hepsi	101	30.1
Ülkenizdeki gıda güvenliği ve korunması hakkındaki düşünceleriniz		
Gıda güvenliğinin sağlandığını düşünüyorum	30	9.2
Yetersiz buluyorum	140	43.1
Denetimleri yetersiz buluyorum	155	47.7
Alo174 gıda hattı hakkında bilgi düzeyi		
Tüketicilerin gıda ile ilgili her türlü şikâyet ve taleplerinin değerlendirmesidir	312	93.1
Tüketicilerin gıda ile ilgili kalitelerini öğrenmek için aradığı bir numara	8	2.4
Gıdaların markalarının hangisinin iyi olduğu öğrenmek için aranılan bir hattır	5	1.5
Bu hattın varlığını duymadım	10	3.0
Tüketime uygun olmayan bir gıda ürünü ile karşılaştığınızda yetkili mercilere başvuru durumu		
Evet	103	30.8
Hayır-uğraşmak istememe	143	42.7
Hayır-sonuç almayacağını düşünme	45	13.4
Hayır-şikâyet ederse üretici zarar uğrar düşüncesi	13	3.9
Hayır-hepsi	31	9.2
Günümüzde gıdaların geçmişe göre daha güvenli olup olmadığı konusundaki görüşler		
Geçmiş yıllara göre daha güvenli	75	22.4
Geçmiş yıllara göre aynı düzeyde	140	41.8
Geçmiş yıllara göre daha az güvenli	120	35.8

Çizelge 2. Devamı

Table 2. Continued

	n	%
Gıda denilince aklınıza ilk gelen sağlık sorunu		
Kanser	83	24.8
Obezite	24	7.2
Gıda zehirlenmeleri	22	6.6
Katkı maddesi	13	3.9
Kanser-obezite-katkı maddesi	27	8.0
Obezite-gıda zehirlenmesi	34	10.1
Kanser-gıda zehirlenmesi-katkı maddesi	24	7.2
Hepsi	108	32.2
Tükettiğiniz gıdaları sağlıklı olduğunu düşünüyor musunuz		
Evet	46	13.7
Hayır-katkı maddesi içermesi	60	17.9
Hatır-GDO	61	18.2
Hayır-katkı maddesi içermesi-GDO-hormon	72	21.5
Hayır-kimyasal madde içermesi-GDO	96	28.7
Tükettiğiniz gıdalarda etiketi okuma durumu		
Daima	32	9.5
Sık sık	90	27.0
Bazen	178	53.1
Çok nadir	35	10.4

Çizelge 3. Tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu

Table 3. Consumers knowledge of food safety concept

	Çok önemli		Önemli		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Gıdaların her türlü tehlikeye karşı güvenliğini sağlamaktır	190	56.7	142	42.4	3	0.9
Son kullanım tarihi geçmemiş gıda	211	63.0	121	36.1	3	0.9
Gıdaların üretilip tüketilmesine kadar her aşamasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması, sağlıklı, sağlığa yararlı gıda maddelerinin üretilmesidir	183	54.6	149	44.5	3	0.9
Tüketicilerin her türlü gıdaya ulaşmalarını sağlamaktır	166	49.5	153	45.7	16	4.8
Sağlık açısından güvenli gıda	211	63.0	120	35.8	4	1.2
Kalite belgesi olan gıda	177	52.8	139	41.5	19	5.7
Markalı gıda	149	44.5	125	37.3	61	18.2
İçeriği bilinen gıda	201	60.0	129	38.5	5	1.5

Çizelge 4. Tüketicilerin gıda alışverişinde gıda güvenliği konusundaki önem düzeyleri

Table 4. Consumers level of importance on food safety in food shopping

	Çok önemli		Önemli		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Et ve et ürünleri	270	80.6	65	19.4	-	-
Süt ve süt ürünleri	266	79.4	69	20.6	-	-
Kuru bakliyatlar	182	54.3	142	42.4	11	3.3
Unlu mamuller	201	60.0	122	36.4	12	3.6
Taze meyve-sebze	245	73.1	84	25.1	6	1.8
Kuru meyve-sebzeler	194	57.9	131	39.1	10	3.0
Baharatlar	181	54.0	135	40.3	19	5.7
Sıcak ve soğuk içecekler	174	51.9	139	41.5	22	6.6

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma ve tüketim özellikleri

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörler Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, çoğunlukla katılımcıların gıda güvenliği ile ilgili konuların satın alma kararında önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler incelendiğinde, katılımcılar çoğunlukla kalite (%66.6), tazelik (%71.9), güvenilirlik (%71.6), lezzet (%72.5), dayanıklılık (%72.2) ve verilen promosyonlarda (%74.0) azalma olduğunu belirtirken, fiyat (%78.5), ambalaj (%58.2) ve etiket (%84.2) bilgilerinin arttığını belirtmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 5. Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörler

Table 5. Factors affecting consumers decisions to purchase food products

Gıda ürünleri satın alırken dikkat ettiğiniz kriterler nelerdir	Önemli		Önemsiz		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Markası	247	73.7	49	14.6	39	11.7
Fiyatı	233	69.6	79	23.6	23	6.8
Görünüşü	307	91.6	20	6.0	8	2.4
Ambalajı	304	90.7	19	5.7	12	3.6
Besin değeri	301	89.9	21	6.3	13	3.9
İndirimli olması	232	69.3	82	24.5	21	6.3
Lezzeti	324	96.7	9	2.7	2	0.6
Ürünü hijyenik olması	326	97.3	5	1.5	4	1.2
Gıda satın aldığım yerin hijyenine dikkat ederim	319	95.2	8	2.4	8	2.4
Gıda satın alınan yerde çalışanların eldiven vb. takmış olmaları	297	88.7	21	6.3	17	5.1
Gıda güvenliği sertifikası olması	271	80.9	41	12.2	23	6.9
Taze olması	307	91.6	17	5.1	12	3.6
Yöresel ürün olması	232	69.3	56	16.7	47	14.0
Uzman önerileri	255	76.1	34	10.1	46	13.7
Geçmiş deneyimler	302	90.1	17	5.1	16	4.8
Etiket bilgisi	295	88.1	18	5.4	23	6.9
Tanıtım-reklam	241	71.9	55	16.4	39	11.6
Ürün kullanımının-hazırlanmasının kolay olması	264	78.8	47	14.0	24	7.2
Üretim yeri-menşesine	292	87.2	21	6.3	22	6.6
Katkı maddelerine	320	95.5	-	-	5	1.5
Tüketim- üretim tarihine	323	96.4	-	-	2	0.6
Organik-iyi tarım uygulamaları ile üretilmiş olmasına	300	89.6	20	6.0	15	4.5
Satın alınan yerde uygun koşullarda satılması ve muhafaza edilmesi	320	95.5	9	2.7	6	1.8

Çizelge 6. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler

Table 6. Changes observed by participants when purchasing food products in recent years

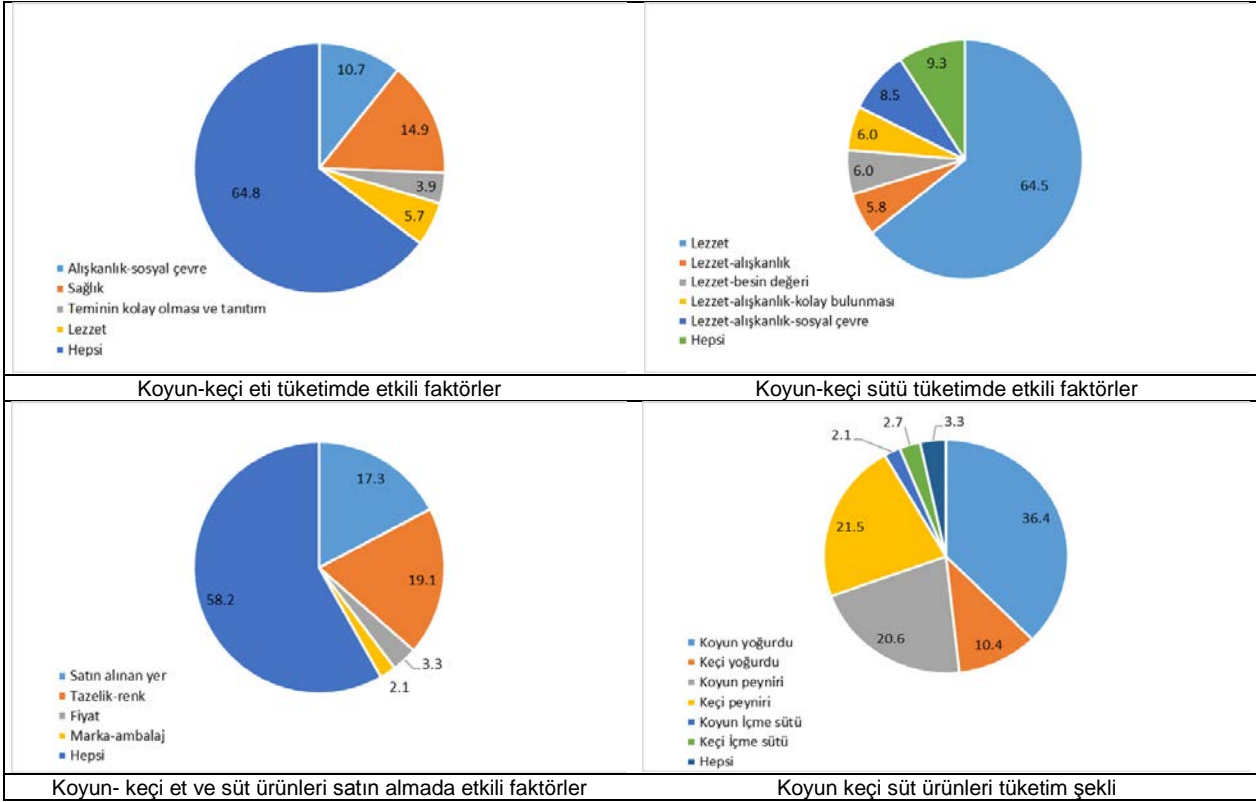
	Arttı		Azaldı		Değişmedi	
	n	%	n	%	n	%
Kalite	64	19.1	223	66.6	48	14.3
Fiyatı	263	78.5	14	4.2	58	17.3
Ambalajı	195	58.2	82	24.5	58	17.3
Etiket	282	84.2	27	8.0	26	7.8
Tazelik	48	14.3	241	71.9	46	13.7
Güvenilirlik	37	11.1	240	71.6	58	17.3
Lezzet	42	12.5	243	72.5	50	15.0
Promosyon	40	12.0	248	74.0	47	14.0
Dayanıklılık	55	16.4	242	72.3	38	11.3

Çizelge 7. Katılımcıların hayvansal ürünleri satın alma yeri

Table 7. Where participants purchased animal products

	Market		Üretici		Kasap		Şarküteri		Kooperatif-Birlik		Semt pazarı		Market-üretici		Market-üretici-kendim ürettiyorum	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Süt	219	65.4	109	32.5	9	2.7	14	4.2	30	9.0	5	1.5	65	19.4	66	19.7
Peynir	187	55.8	83	24.8	-	-	18	5.4	15	4.5	9	2.7	29	8.7	72	21.5
Yoğurt	230	68.7	82	24.5	-	-	3	0.9	15	4.5	3	0.9	24	7.2	97	29.0
Tereyağı	177	52.8	112	33.4	-	-	7	2.1	15	4.5	9	2.7	29	8.7	66	19.7
Kaymak	201	60.0	86	25.7	-	-	5	1.5	15	4.5	3	0.9	16	4.8	71	21.2
Kırmızı et	92	27.5	22	6.6	169	50.4	50	14.9	2	0.6	-	-	3	0.9	47	14.0
Sucuk-pastırma	105	31.3	14	4.2	141	42.1	61	18.2	1	0.3	-	-	3	0.9	18	5.4
Beyaz et	144	43.0	13	3.9	165	49.3	104	31.0	1	0.3	-	-	5	1.5	37	11.0

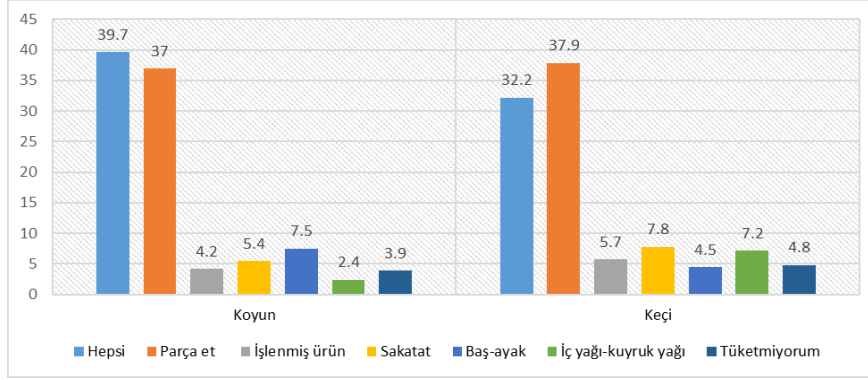
Ankete katılan bireylerin koyun-keçi et ve süt tüketimi ile satın almada etkili faktörler ve süt ve süt ürünleri tüketim şekilleri Şekil 1'de sunulmuştur. Ankete katılan bireylerin koyun-keçi eti tüketiminde etkili faktörlerin başında lezzet (%64.5) gelirken koyun-keçi süt ve süt ürünleri tüketiminde etkili faktörlerin sosyal çevre, sağlık, teminin kolay olması, tanıtım ve lezzet (%64.8) olduğu görülmektedir. Ayrıca, katılımcılar koyun-keçi et ve süt ürünleri alırken genel olarak %58.2 satın alınan yerin etkili olduğunu bildirmiştir. Katılımcılardan koyun-keçi süt ürünlerinden koyun yoğurdunu %36.4'ü, koyun peynirini %20.6'sı, keçi peynirini %21.5'i, keçi yoğurdunu %10.4'ü, içme sütü olarak %4.8'i ve %3.3'ü hepsini tükettiğini belirtmiştir.



Şekil 1. Katılımcıların koyun-keçi et ve süt tüketimi ile satın almada etkili faktörler ve süt ve süt ürünleri tüketim şekilleri.

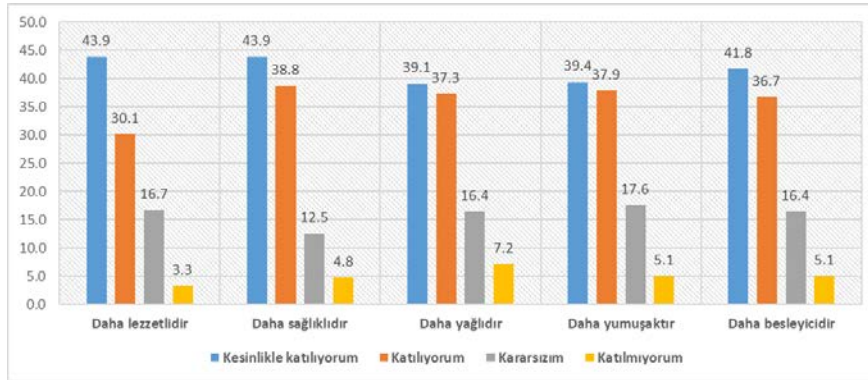
Figure 1. Participants sheep-goat meat and milk consumption, factors affecting purchasing and consumption patterns of milk and dairy products.

Ankete katılan bireylerin koyun ve keçi eti satın alma şekli genel olarak (%37.0, %37.9) parça et şeklinde olup, parça et-işlenmiş ürün-sakatat-baş-ayak-iç yağı-kuyruk yağı olarak hepsini tükettiğini belirtenlerin oranı ise sırasıyla %39.7 ve %32.2'dir (Şekil 2). Katılımcıların koyun-keçi eti ve et ürünleri ile süt ve süt ürünleri tercih etme nedenlerine bakıldığında, ilk sırada daha lezzetli ve sağlıklı olduğu görülmektedir (Şekil 3 ve 4).



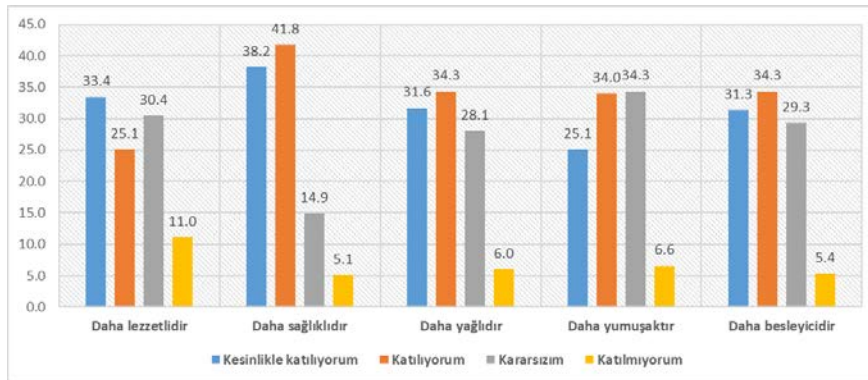
Şekil 2. Katılımcıların koyun ve keçi eti satın alma tercihi.

Figure 2. Participants preference for purchasing sheep and goat meat.



Şekil 3. Katılımcıların koyun-keçi eti ve et ürünleri tercih etme nedenleri.

Figure 3. Reasons why participants prefer sheep-goat meat and meat products.



Şekil 4. Katılımcıların koyun-keçi sütü ve süt ürünleri tercih etme nedenleri.

Figure 4. Reasons why participants prefer sheep-goat milk and dairy products.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Gıda satın alma kararında tüketiciye ait birçok özellik etkili olmaktadır. Bu özellikler demografik, sosyo-kültürel ve psikolojik olarak sıralanabilir (Örücü & Tavşancı, 2001). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde cinsiyet ve medeni duruma göre katılımcılar arasında dengeli bir dağılım olduğu görülmektedir. Ek olarak katılımcıların %73.2'sini 40 yaş ve altındaki bireyler oluşturmaktadır. Katılımcıların %20'si lise, %45.7'si üniversite ve %5.4'ü yüksek lisans mezunu olduğu ve ortalama hane halkı sayısı ise ağırlıklı olarak (%52.5) 3-4 kişi olduğu bildirilmiştir. Araştırma sonuçları farklı illerde yapılan çalışmalar ile benzerdir (Keleş vd., 2021; Durmaz Dayılar, 2018). Ayrıca katılımcıların %40.9'u ailede kronik bir rahatsızlığı bulunan bir bireyin olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar Engindeniz vd. (2021) bildirdikleri sonuçlardan (%25.09) yüksek bulunmuştur. Ailede çalışan sayısı bakımından elde edilen sonuçlar Acıbuca & Kaya (2023)'nin yaptıkları çalışma sonuçları ile benzerdir. Katılımcılar genel olarak 15 yıl ve üzeri Yozgat il merkezi-ilçeleri veya köylerinde ikamet ettiklerini belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular Tokat ilinde Onurlubaş & Gürler (2016)'in yaptıkları çalışma sonuçları ile uyumludur.

Tüketiciler satın alma kararlarını verirken her zaman rasyonel davranmamaktadırlar. Bir ürünün tüketicilere maksimum fayda sağlaması ve özelliklerinin iyi olması o ürünün satın alınması için yeterli olmamaktadır (Yücel & Şimşek, 2018). Bu durumun nedeni, küreselleşen ve değişen toplumsal, kültürel ve ekonomik yapının tüketici tercihlerine etkisi ve bu etkinin bireyler arasında nasıl değiştiğidir. Bu nedenle, kalite, marka, ambalaj, lezzet ve tazelik gibi özelliklerin yanı sıra ürünlerin insan sağlığına zarar vermemesi önemlidir. Bu konularla ilgili endişelerin artması, insanların sağlıklı gıda tüketme konusunda daha fazla farkındalığa sahip olmalarına neden olmaktadır (Honkanen vd., 2006). Bilinçli tüketiciler, insan sağlığını tehlikeye atmamak için gıdaların satın alınması, saklanması, hazırlanması ve tüketilmesi gibi tüm süreçlerde maksimum özen gösterirler (Örücü & Tavşancı, 2001). Ankete katılan bireylerin %85.7'si gıda güvenliği kavramını duyduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar Yalçın (2012), Keleş vd. (2021) ve Taşdan vd. (2014)'nin farklı illerde yaptıkları çalışma sonuçları ile benzer; Onurlubaş & Gürler (2016)'in yaptıkları çalışma sonuçlarından ise yüksek bulunmuştur. Ayrıca tüketicilerin gıda güvenilirliği konusunda bilgi edindikleri kaynaklar bakımından elde edilen sonuçlar Madenci vd., 2019 ve Keleş vd., (2021) ile benzerlik göstermektedir. Tüketicilerin gıda ürünleri kalitesinin değerlendirilmesine kullanılan bazı kavramların bilinirliği sorgulandığında, genel olarak bilgi sahibi oldukları görülmektedir. Araştırma bulguları Kırmacı vd. (2021)'nin yaptıkları çalışma sonuçları ile uyumludur. Ankete katılan bireylerin %93.1'i Alo 174 gıda hattını doğru bir şekilde tanımlarken bu bulgular Onurlubaş (2015)'in %42.6 ve Durmaz Dayılar (2018)'in %67.4'ünün tüketicilerin Alo 174 gıda hattı tanımını doğru yaptığını bildirişlerinden yüksek bulunmuştur. Ancak araştırmaya katılan katılımcıların sadece %30.8'i bu hattı daha önceden kullandığını bildirmiştir. Tüketiciler uğraşmak istememeleri, sonuç alamayacağını düşünmeleri ya da şikâyet ederse üretici zarara uğrar düşüncesi ile bu hattı kullanmadıklarını belirtmişlerdir.

Araştırmaya katılan bireyler çoğunlukla gıda alışverişinde gıda güvenliği konusunu çok önemli bulduklarını bildirmişlerdir (Çizelge 4). Ayrıca gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörlere de bakıldığında gıda güvenliğinin sağlanmasında etkili olan faktörlerin çoğunlukla önemli bir faktör olduğunu bildirdikleri görülmektedir (Çizelge 5). Onurlubaş (2015) tarafından yapılan bir araştırma, tüketicilerin gıda ürünleriyle ilgili görüşlerini incelemiştir. Tüketicilerin çoğu, gıda ürünlerinin etiketleri, ambalajları, kalitesi ve tazeliğinin şimdi daha iyi olduğunu, ancak yarıdan fazlası gıda ürünlerinin fiyatının ve tadının daha öncelikli olduğunu düşünmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ise katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler incelendiğinde; katılımcılar çoğunlukla kalite, tazelik, güvenilirlik, lezzet, dayanıklılık ve verilen promosyonlarda azalma olduğu; fiyat, ambalaj ve etiket bilgilerinin arttığı bildirilmiştir.

Gıda güvenliği açısından ürünlerin ambalajlı olması, sağlıklı olması ve tazeliğini koruyabilmesini sağlamaktadır (Onurlubaş, 2015). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda ambalajlı ürünlerin sağlıklı olmasının yanı sıra saklama imkânı sağlaması, kaliteli olması ve taşıma kolaylığı sağladığı da bildirilmiştir (Uzunöz vd., 2008). Ankete katılan katılımcıların tamamı öncelikli olarak mutlaka ambalajlı ürünleri tercih ettiklerini

bildirmiştir. Ek olarak katılımcıların çoğunluğu tükettikleri gıdaların sağlıklı olduğunu düşünmediklerini (%86.3) bildirirken, sadece %9.5'i tükettikleri gıdalarda etiketi daima okuduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda tüketicilerin gıda ürünlerini satın almada, geleneksel perakendecilerden süpermarketlere ve hipermarketlere doğru eğilimin olduğunu, taze et satın alırken ise uzmanlaşmış geleneksel perakendecileri tercih ettikleri bildirilmektedir (Gracia, 2005; Uluat, 2002; Onurlubaş, 2015; Yaylak vd., 2010; Taşkın vd., 2020). Yapılan diğer çalışmaların bulguları bu araştırmanın sonuçlarıyla uyumludur (Çizelge 7).

Gıda maddelerinin tüketim alışkanlıkları ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye değiştiği gibi iller arasında hatta yöresel olarak da farklılık gösterebilmektedir (Şengül, 2004; Karakuş vd., 2008). Et ve et ürünlerinde tüketici algısı, bu ürünlerin tercih edilmesi ve tüketilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum aynı zamanda üretici açısından kârlılığı etkilediğinden kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Troy & Kerry, 2010). Ankete katılan bireylerin tamamında et tüketim tercihlerinde ilk sırayı kırmızı et alırken, aynı zamanda katılımcılar kırmızı et tüketiminde de ağırlıklı olarak koyun etini tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Farklı illerde yapılan benzer çalışmalarda da katılımcıların büyük bir bölümünün kırmızı et tüketiminde ağırlıklı olarak koyun etini tercih ettikleri bildirilmiştir (Karakuş vd., 2008; Tosun & Hatırlı, 2009; Şeker vd., 2011). Tüketicilerin satın alma tercihlerinin temelini, ürünün sahip olduğu kalite ipuçları belirlemektedir (Troy & Kerry, 2010). Katılımcıların koyun-keçi etini tüketiminde etkili olan faktörlerin başında etin lezzetlilik parametresi gelmektedir. Yapılan çalışma sonuçları literatür bildirişleri ile uyumludur (Taşkın vd., 2020; Aygün vd., 2004; Şeker vd., 2011). Ek olarak sırası ile et tüketim tercihlerinde alışkanlıklar, besin değeri, sosyal çevrenin etkisi bulunmaktadır. Bu durumun nedenleri arasında; katılımcıların koyun etini severek tüketmeleri, damak tadı ve bölgede arazi yapısının küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine uygun olması ile yaygın olarak küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapılması ön plana çıkmaktadır. Katılımcılar koyun-keçi süt ve süt ürünleri tüketiminde etkili faktörlerin sosyal çevre, sağlık, teminin kolay olması, tanıtım ve lezzet (%64.8) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca katılımcılar koyun-keçi et ve süt ürünleri alırken büyük oranda satın alınan yerin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Katılımcıların koyun-keçi süt ürünleri tüketim tercihlerine bakıldığında ilk sırada koyun yoğurdu yer alırken sırası ile koyun peyniri, keçi peyniri, keçi yoğurdu ve içme sütü olarak tükettikleri belirlenmiştir.

Koyun ve keçiden elde edilen ürünlerin ülkemiz ekonomisi için ne kadar önemli olduğunun henüz bilincine varılmamıştır. Türk mutfağında koyun ve keçilerden elde edilen ürünlerin özel bir yeri ve önemi vardır. Kuzu ve oğlak eti, özelliklerinden dolayı sevilerek tüketilmektedir. Ülkemizde koyun ve keçi sütünün önemi ve bunlardan üretilen ürünlerin tüketim alışkanlığı yeni yeni ortaya çıkmışken, koyun ve keçiden geleneksel yöntemlerle üretilen peynirler dünya çapında yüksek fiyatlara pazarlanmaktadır. Küçükbaş hayvancılığın hayvansal üretim değerine katkısının büyükbaş hayvancılığa göre daha düşük olmasına rağmen, koyun ve keçi üretimi, özellikle marjinal kırsal alanlarda üreticiye gelir ve istihdam sağlamanın yanı sıra önemli bir gıda kaynağı olmaya devam etmektedir. Koyun ve keçi yetiştiriciliğinin küçük ve dağınık işletmeler halinde olması nedeniyle üretilen çiğ sütlerin toplanması ve değerlendirilmesi birçok sorunla karşı karşıyadır. Küçük aile işletmeleri ihtiyaç doğrultusunda çiğ sütü daha çok (seyyar) sokak sütçülüğü şeklinde pazarlamakta, elde edilen sütler yoğurt, çökelek vb. ürün olarak ya da her gün üretilen sütleri geleneksel yöntemlerle peynire dönüştürerek, uzun bir saklama periyodu sonrası pazarlamaktadır. Koyun ve keçi ürünlerinin önem kazanması ve alternatif bir gelir kaynağı olabileceğinin ortaya çıkmasıyla birlikte, Türkiye'nin farklı bölgelerinde küçükbaş hayvancılığın geliştirilmesi konusunda çeşitli kurumlarca projeler oluşturulmuş, uygulamaya aktarılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Yozgat ilinde de bu farkındalıkların oluşması için hem üreticilerin hem de tüketicilerin bilgi, beceri ve isteklerinin ortaya konulması için çok sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır. Tüketici tercihlerinin belirlenmesi ile ilimizde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde ürün çeşitliliği, ürün talebi, hijyen, ürünlere ulaşma, pazarlama, fiyat, markalaşma vb. birçok konuda geliştirilecek stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu tarafından 19.01.2022 tarihli, 29/23 sayılı belge numarasıyla onay almıştır.

Finansal Destek

Bu çalışma TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında finansal olarak desteklenmiştir (TÜBİTAK BİDEB, Başvuru Numarası; 1919B012104727). Yazarlar finansal destek için teşekkür eder.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. H Ece SALALI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Acıbuca, V. & A. Kaya, 2023. Mardin ili Artuklu ilçesinde tüketicilerin kırmızı et tüketim tercihi ve alışkanlıkları. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 38 (2): 244-253.
- Akçay, Y. & Ö. Vatansver, 2013. Kırmızı et tüketimi üzerine bir araştırma: Kocaeli ili kentsel alan örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4 (1): 43-60.
- Aygün, T., F. Karakuş, A. Yılmaz & H. Ülker, 2004. "Van İli Merkez İlçede kırmızı et tüketim alışkanlığı, 361-364". 4.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, (1-4 Eylül, Isparta) Bildirileri, Türkiye, 1332 s.
- Bebek, D.T. & M. Keskin, 2018. Mersin ilinde koyun yetiştiriciliğinin mevcut durumu bazı verim ve yapısal özellikleri. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 23 (2): 315-329.
- Çetinkaya, S., C. Akbay & A. Güneş, 2023. Kahramanmaraş ilindeki küçükbaş hayvan üreticilerinin memnuniyet durumunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 29 (2): 107-114.
- Demirkol, C., 2007. Türkiye'de Kırmızı Et Sektörünün Sanayici ve Tüketici Düzeyinde Analizi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tekirdağ, 153 s.
- Durmaz Dayılar, Ö., 2018 Gıda Güvenliği Kavramı Bilinç Düzeyinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimler Enstitüsü, Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Konya, 99 s.
- Engindeniz, S., T. Taşkın, A.A. Gbadamonsi, A.S. Ahmed, A.F. Seiody, Ç. Kandemir & N. Koşum, 2021. Tüketicilerin süt ve süt ürünleri tercihlerinin analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3): 470-481.
- Esenbuğa, D.N., 2017. Morkaraman ve Tuj Koyunlarında Laktasyon Süt Verim Özellikleri, Süt Bileşenleri, Sütteki Somatik Hücre Sayısı ve Lipid Profillerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Erzurum, 72 s.
- Gerbens, F., 2004. "Genetik Control of Intramuscular Fat Accretion, 343-361". In: Muscle Development of Livestock Animals: Physiology, Genetics and Meat Quality. (Eds. M.F.W. Pas, M.E. Everts & H.P. Haagsman), CABI Publishing, 411 pp.
- Giray, H. & A. Soysal, 2007. Türkiye'de gıda güvenliği ve mevzuatı. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (6): 485-490.
- Gözener, B., E.O. Büyükbay & M. Sayılı, 2009. Gıda güvenliği konusunda öğrencilerin bilgi düzeylerinin incelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2): 45-53.

- Gracia, A., 2005. Comportamiento del Consumidor de Carne de Cordero con Indicación Geográfica Protegida en Aragón. CITA Proje Raporu, Unidad de Economía Agraria, Zaragoza-Spain, 135 pp.
- Henchion, M., M. Hayes, A.M. Mullen, M. Fenelon & B., Tiwari, 2017. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6 (7): 150-170.
- Honkanen P., B. Verplanken & S.O. Olsen, 2006. Ethical values and motives driving organic food choice. *Journal of Consumer Behaviour*, 5 (5): 420-430.
- Karaca, Ü., 2015. Farklı Genotiplere Ait Kuzuların Kesim ve Karkas Özellikleri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 85 s.
- Karakuş, K. T. Aygün & E. Alarşlan, 2008. Gaziantep ili merkez ilçede kırmızı et tüketim alışkanlıkları. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 18 (2): 113-120.
- Keleş, H. K. Dorukatlı, M. Gül & B. Kadakoğlu, 2021. Tüketicilerin gıda güvenilirliği konusunda farkındalıkları: Konya ili kent merkezi örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2): 316-325.
- Kırmacı, H.A. & H. Özçelik, 2021. Tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Ankara ili örneği). *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4 (2): 258-273.
- Kızılaslan, N. & H. Kızılaslan, 2008. Tüketicilerin satın aldıkları gıda maddeleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Tokat ili örneği), *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 67-74.
- Koç, G. & A. Uzmay, 2015. Gıda güvencesi ve gıda güvenliği: kavramsal çerçeve, gelişmeler ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 21 (1): 39-48.
- Kopuzlu, S., Ş. Çelebi & M.A. Yörük, 2016. Erzurum İlinde küçükbaş hayvancılığın mevcut durumu ve potansiyeli. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 30 (1): 60-69.
- Madenci, A.B., S. Türker, Z. Bayramoğlu & V. Eyiz, 2019. Tüketicilerin gıda güvenliğine yönelik tutum ve algılarını etkileyen sosyo-ekonomik faktörler: Konya ili örneği. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 1 (1): 48-59.
- Newbold, P., 1995. *Statistics for Business and Economics*, Prentice Hall Inc., USA. 1016 pp.
- Ocak, S. & H. Önder, 2014. Süt ürünlerinde tüketici tercihini etkileyen faktörler ve gıda güvenliği bilinci. *Hayvansal Üretim*, 55 (2): 9-15.
- Onurlubaş, E. & A.Z. Gürler, 2016. Gıda güvenliği konusunda tüketicilerin bilinç düzeyini etkileyen faktörler. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33 (1): 132-141.
- Onurlubaş, E., 2015. Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi 'Tokat İli Örneği'. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tokat, 196 s.
- Örücü, E. & S. Tavşancı, 2001. Gıda ürünlerinde tüketicinin satın alma eğilimini etkileyen faktörler ve ambalajlama. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3: 1-13.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. Kaan Kitabevi, Genişletilmiş 5. Baskı, Eskişehir, 649 s.
- SPSS, 2016. IBM Corp. Released 2016. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp, 102 pp.
- Şeker, İ., A. Özen, H. Güler, P. Şeker & İ. Özden, 2011. Elazığ'da kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve tüketicilerin hayvan refahı konusundaki görüşleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (4): 543-550.
- Şengül, S., 2004. Türkiye'de gelir gruplarına göre gıda talebi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 31 (1): 115-148.
- Taşdan, K. M. Albayrak, B. Gürer, O.O. Özer, K. Albayrak & H.T. Güldal, 2014. "Geleneksel gıdalarda tüketicilerin gıda güvenliği algısı: Ankara ili örneği, 363-386". 2.Uluslararası Davraz Kongresi, (29-31 Mayıs, Isparta) Bildirileri, Türkiye, 4599 s.
- Taşkın, T., S. Engindeniz, A.A. Gbadamonsi, Ç. Kandemir & N. Koşum, 2020. Gençlerin kırmızı et tüketim tercihlerinin analizi: Ege Üniversitesi öğrencileri örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1): 63-72.
- Tosun, Ö.O. & S.A. Hatırlı, 2009. Tüketicilerin kırmızı et satın alım yerleri tercihlerinin analizi: Antalya ili örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 433-445.
- Troy, D.J. & J.P. Kerry, 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86 (1): 214-226.

- Uluat, S., 2002. Van İli Merkez İlçede Hayvansal Gıda Tüketim Yapısı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Van, 55 s.
- Uzunöz, M., E. Oruç & G. Bal, 2008. Kırsal kadınların gıda güvenliği konusunda bilinç düzeyleri (Tokat ili örneği). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2): 35-46.
- Yalçın, A., 2012. Tüketicilerin Gıda Güvenliği İle İlgili Tutum ve Davranışları (Samsun İli Örneği). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 143 s.
- Yaylak, E., T. Taşkın, N. Koyubenbe & Y. Konca, 2010. İzmir ili Ödemiş ilçesinde kırmızı et tüketim davranışlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Hayvansal Üretim, 51 (1): 21-30.
- Yücel A. & A.İ. Şimşek, 2018. Tüketici davranışlarını analiz etmede nöropazarlama yöntem ve araçlarının kullanımı. İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 7 (1): 118-142.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):501-517
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1456452>

Tuğba TUNÇ¹ 

Emrah YILDIRIM^{2*} 

¹ Finike Belediyesi, 07740 Finike, Antalya, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Peyzaj Mimarlığı Bölümü 07070 Konyaaltı, Antalya, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eyildirim@akdeniz.edu.tr

Anahtar sözcükler: Alternatif turizm rotası, doğal peyzaj, kültürel peyzaj, peyzaj değerleri, sürdürülebilir turizm

Keywords: Alternative tourism route, natural landscape, cultural landscape, landscape values, sustainable tourism

Doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile alternatif turizm rotaları: Finike, Antalya*

Alternative tourism routes with regard to natural and cultural landscape values: Finike, Antalya

* Bu makale 1. Yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 23.03.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 02.08.2024

ÖZ

Amaç: Alternatif Turizm rotaları, iki veya daha fazla nokta arasında bulunan ve turizme kaynak oluşturan değerlerin bağlantılılığından oluşan sistemi tanımlamaktadır. Bölgedeki turizm ürününe çeşitlilik katmakta; doğal, tarihi, kültürel, sosyal ve estetik değerlerin korunup geliştirilerek çekiciliklerinin devamının hedeflendiği sürdürülebilir turizme imkân sunmaktadır. Çalışmayla zengin peyzaj değerlerine sahip olan Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek, alternatif turizm rotalarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem: Çalışma alanı olarak Antalya'nın Finike ilçesi seçilmiştir. Çalışmanın materyalini Finike ilçesinin kültürel ve doğal peyzaj özellikleri oluşturmaktadır. Çalışma yöntemi; peyzaj değerlerinin envanteri, arazi çalışmaları ve gözlem formlarının doldurulmasıyla elde edilen kültürel özellikler, doğal peyzaj özellikleri ile yöreye özgü gelenek-göreneklerin belirlenmesi ve alternatif turizm rotalarının tanımlanması aşamalarından oluşmaktadır.

Araştırma Bulguları: Finike kent merkezinden başlayarak ilçenin uzak mesafelerine kadar turizme kaynak oluşturacak doğal ve kültürel değerler tespit edilmiş ve aralarındaki bağlantılılık kurulmuştur. Likya Yolu gibi mevcut rotalar alternatif faaliyetlerle bütünleştirilirken alternatif turizm rotaları bisiklet, yürüyüş, Yörük göç yolu olarak temalandırılmıştır. Bu kapsamda 2 bisiklet rotası, 2 Yörük göç rotası ve 9 yürüyüş rotası belirlenmiştir.

Sonuç: Çalışma sonuçlarının kitle turizmine alternatif olarak görülen doğa ve kültür turizminin rotalar ve bir sistem dâhilinde değerlendirilmesiyle Finike bölgesinin sürdürülebilir turizm gelişmelerine temel oluşturması, doğal ve kültürel değerler konusundaki farkındalığın artmasına ve korunmasına katkı sunması beklenmektedir.

ABSTRACT

Objective: Alternative Tourism routes define the system consisting of the connectivity of values between two or more points that constitute a source of sustainable tourism, aims to preserve and develop natural, historical, cultural, social and aesthetic values and maintain their attractiveness. The study aimed to determine alternative tourism routes by analyzing the natural and cultural landscape values of Finike.

Material and Methods: The study area was Finike district of Antalya and the material was consisting of the cultural and natural landscape features of Finike. The method consists of the stages of inventory of landscape values, field studies and filling out observation forms, determining the prominent cultural features, natural landscape features and local traditions and customs, and defining alternative tourism routes.

Results: Natural and cultural values, starting from Finike city center to long distances, have been identified and the connectivity between them has been established. While existing routes such as the Lycian Way are integrated with alternative activities, alternative tourism routes are themed as cycling, walking, and Yörük migration route. In this context, 2 bicycle routes, 2 Yörük migration routes and 9 walking routes were determined.

Conclusion: It is expected that the results of the study will form the basis for sustainable tourism developments in the Finike region by evaluating nature and cultural tourism, which is seen as an alternative to mass tourism, within routes and a system, and contribute to the increase and preservation of awareness of natural and cultural values.

GİRİŞ

Bir alanın doğal ve kültürel özelliklerinin bütünü olan peyzaj, doğa ve insan arasındaki karşılıklı etkileşimin en ilginç örneklerini sunar. İnsan ve peyzaj birbiriyle çok yakından ilişkili olup, doğadaki varlıkların/objelerin bütününe veya bir bölümünün, insan eliyle değiştirilip yeniden yorumlanması sonucu kültürel peyzajlar oluşmaktadır. Doğal ve kültürel peyzajlardan tatil ve dinlenme amacıyla yararlanma çabası turizm faaliyetlerini ve turizm peyzajlarını beraberinde getirmiştir. Büyük oranda doğal çevrenin ve peyzajın çeşitliliğine, değerlerine bağlı turizm, ekonomik kalkınmaya başlı başına büyük ölçüde olanak sağladığı için yerel ve ulusal ölçekte genel olarak desteklenmektedir. Ancak uygulamaların bütüncül ve sürdürülebilir olmaması doğal ve kültürel peyzajların korunması zorunluluğu vardır.

Turizm; dinlenme, eğlenme, görme, tanıma vb. amaçlarla yapılan gezi; bir ülkeye veya bir bölgeye turist çekmek için alınan ekonomik, kültürel, teknik önlemlerin, yapılan çalışmaların tümü olarak tanımlanmıştır (TDK, 2024). Ülkemiz turizm gelişmelerinin temellerinin atıldığı 1970'lerden itibaren kitle turizm ürünü ile öne çıkmaktadır. Atik (2003)'e göre 1969 yılında yürürlüğe giren 6/12209 Sayılı Kararname ile Ege ve Akdeniz bölgelerinin Balıkesir'den Antalya'ya kadar uzanan kesiminde 3 km genişliğindeki kıyı şeridi Öncelikli Turizm Gelişim Alanı olarak tanımlanmış ve geçen 50 yıllık süre içinde çok sayıda turizm gelişim bölgesi ilan edilmiştir.

Turizm gelirlerinin ülke geneline eşit dağılımını sağlamak, kırsal bölgelerde ekonomik kalkınmaya kaynak oluşturmak ve turizm tüm yıla yaymak amacıyla 2000'lerden itibaren turizminin çeşitlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Çelik Çanga & Şenay (2023), kırsal alanların, sahip oldukları doğal ve kültürel peyzaj değerleri açısından rekreasyonel kullanımda büyük öneme sahip olduğunu ve bu potansiyele sahip alanlara büyük değer kattığını belirtmektedir.

Ülkemizde turizm; sağlık ve termal, kış, yayla, mağara, av, kongre, golf, yat, ipek yolu, inanç, hava sporları, dağcılık, akarsu-rafting, su altı dalış, kuş gözlemciliği altında sınıflandırılmıştır (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022) ve alternatif turizm çeşitleri olarak kabul edilmiştir. Bunlara, agroturizm, kamp turizmi, olta balıkçılığı turizmi, flora-fauna gözlemciliği turizmi, festival turizmi gibi başlıkları da eklemek mümkündür.

Alternatif, değişik ve farklı anlamına gelip (TDK, 2024), turizm bağlamında sürekliliği olan bir uygulamadan farklı olana karşılık gelmektedir. Alternatif turizm kitle, doğa vb gibi farklı turizm çeşidini; alternatif turizm rotası ise aynı turizm bölgesindeki bağlantılı faaliyetin tümünü kapsamaktadır. Görmüş et al. (2017), kültür rotalarının doğal ve kültürel mirasın korunması çabası ile geliştirildiğini belirtirken; Cruz et al. (2022), turizm rotalarını kentler ile kırsal-doğal alanlar arasındaki bağ olarak görmektedir.

Alternatif turizm rotası iki veya daha fazla nokta arasında bulunan ve turizm kaynak oluşturan değerlerin bağlantılılığından oluşan sistem olarak tanımlanabilir. Burada doğal ve kültürel değerleri ile peyzaj çeşitliliği alternatif rota için kaynak sunar. Alternatif turizm rotaları büyük turizm yatırımları gerektirmeden de bir bölgedeki turizm ürününe çeşitlilik katmaktadır.

Turistler için; turistik alanları gezmek, keşfetmek ve orada vakit geçirmek adına bir rehber ve yol haritası niteliği taşıyan turizm rotaları, ekoturizm rotaları gibi günümüzde birçok kavram yaygınlaşmaktadır. Pedrosa et al. (2022), turizm rotaları ile ilgili rota temelli turizm, turizm rotası, turist rotası gibi farklı terminolojiler üzerinde durmuştur. Kültürel izler bağlamında Avrupa Konseyinin kültür rotası, tarihi rotaları projesi ile başlarken, Pedrosa et al. (2022), turizm rotalarını kültürel miras rotası, şarap rotası, gastronomi rotası, Saint James rotası gibi tematik olabileceğini belirtmektedir.

Rotalar, turistler için ulaşım aracı olup doğal ve kültürel turizm değerlerini kontrollü ve bir rehber niteliğinde kullanmalarını sağlamaktadır. Rotanın önemi; eğer organize turlara katılmışlarsa rotadaki güzergahları ve yolları seçme şanslarının olmayışı; tatil programını kendileri hazırlamışlarsa istedikleri rotayı seçme şansına sahip olmalarıdır (Baykal, 2015).

Turizmde sürdürülebilirlik kavramı, turizmin kaynağı olan doğal, tarihi, kültürel, sosyal ve estetik değerlerin korunup geliştirilerek çekiciliklerinin devamının sağlanmasını ifade etmektedir (Demir & Çevirgen, 2006). Sürdürülebilir turizm yeni turizm faaliyetlerinin ve gelişmelerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin yönetimi, turizme kaynak değerlerin korunması ve turizm bölge ve yerel ekonomiye katkısını sağlamayı hedeflemektedir.

Turizm rotalarının temel amacı, her biri tek başına yeterince çekici olmayan turistik değer ve aktiviteleri birbirine bağlamaktır. Böylece sinerjik etki kullanılarak daha güçlü bir turistik çekicilik yaratılabilir, küçük turizm merkezleri kolektif bir şekilde bir turistik destinasyon olarak konumlandırılabilir ve turizmden elde edilen gelirler bölge ekonomisinde yaygın bir etki yaratmaktadır (Meyer, 2004).

Antalya turizm gelirleri, tesis ve özellikle ziyaretçi sayıları bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgesi konumundadır. Turist taleplerindeki değişimler, kıyı turizminin doygunluğa ulaşması, alternatif turizm türlerinin popüleritesinin artması, küresel rekabetin hızlanması gibi gelişmeler Antalya'da turizmin çeşitlendirilmesini (Ortaçesme & Zeğerek, 2017) ve mevcut turizmin alternatifler ile sürdürülebilir bir forma dönüştürülmesini zorunlu kılmaktadır.

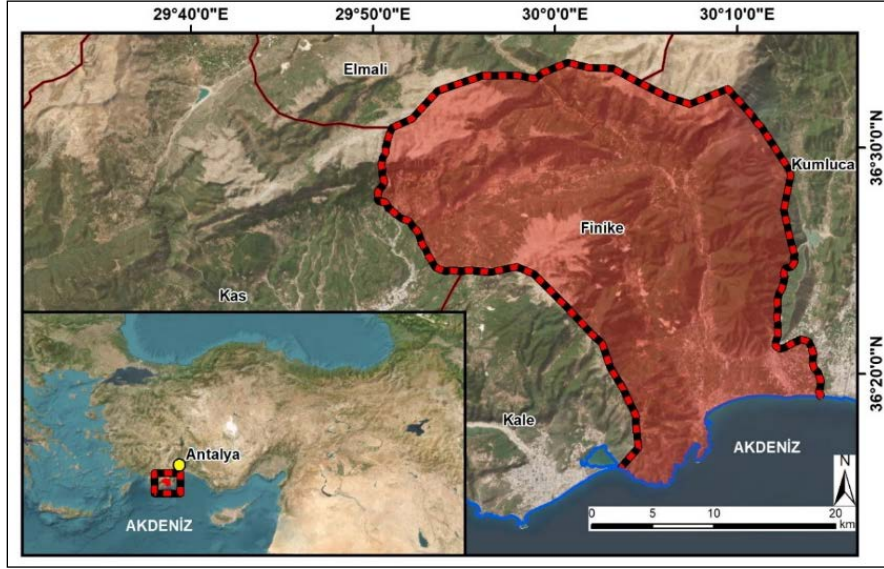
Beşinci yüzyılda Fenikeliler tarafından kurulduğu bilinen ve Antalya'nın güneybatısında yer alan Finike kıyı kayalıkları ve ovalarından, kireçtaşı kayalıkları ile şekillenmiş dağlık ormanlık alanlara ve yaylara kadar yüksek peyzaj çeşitliliğine sahiptir. Yerel halkın geçim kaynağı olan tarımın ön planda olması nedeniyle turizm hareketliliği Kaş, Kemer, Alanya, Manavgat gibi diğer ilçelere kıyasla daha az yoğunluktadır. Bu durum sürdürülebilir turizm ve alternatif turizm kavramlarının bölgede uygulanabilirliği açısından bir fırsat yaratmaktadır. Ancak tüm dünyada yaşanan Covid-19 salgını neticesinde farklı bir arayış içine giren turistler açısından keşfedilmemiş doğal alanlara rağbetin artması, yakın zamanda bu bölgenin de plansız bir şekilde kullanılmaya başlanmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple ekolojik, kültürel ve yerel kaynak değerlerinin zarar görme olasılığını en aza indirecek çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma ile doğal yapısının ve tarımsal kaynaklar açısından kıyı ovasının henüz turizmin yıpratıcı etkisi ile nispeten karşılaşmamış, tarihi, kültürel ve ekolojik açıdan zengin peyzaj değerlerine sahip olan Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek, bölge için alternatif turizm rotaları belirlenmiştir. Burada Finike kent merkezinden başlayarak en uzak mesafelere kadar turizme kaynak oluşturacak doğal ve kültürel değerler tespit edilmiş ve aralarındaki bağlantılılık kurulmuştur. Burada Likya Yolu gibi mevcut rotalar alternatif faaliyetler ile bütünleştirilirken alternatif turizm rotaları bisiklet, yürüyüş, yörük göç yolu olarak temalandırılmıştır. Çalışma sonuçlarının kitle turizmine alternatif olarak görülen doğa ve kültür turizminin rotalar ve bir sistem dahilinde değerlendirilmesi ile Finike bölgesi için sürdürülebilir turizm gelişmelerine temel oluşturması, doğal ve kültürel değerler konusundaki farkındalığın ve korumanın gelişmesine katkı sunması beklenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı olarak Antalya'nın Finike ilçesi seçilmiş olup, çalışmanın materyalini Finike ilçesinin kültürel ve doğal peyzaj özellikleri oluşturmaktadır (Şekil 1). Doğusunda Alakır Çayı ile kuzey ve batı kesimlerinde de Toros Dağları ile iki doğal sınır ile çevrelenmiştir. Finike, denizaltı dağlarının bulunduğu denizi ve marinası, karada sahil kıyı şeridi, özellikle de Demre'ye kadar uzanan koyları, Suluin Mağarası gibi doğal peyzaj değerlerinin yanı sıra, Boldağ, Yatıkardıç, Asarönü Tepesi, Lymra, Kırkgöz Köprü, Arykanda, Arif, Yalnız, Gökbük, Yazır gibi geleneksel kırsal yerleşimleri ile öne çıkmaktadır.

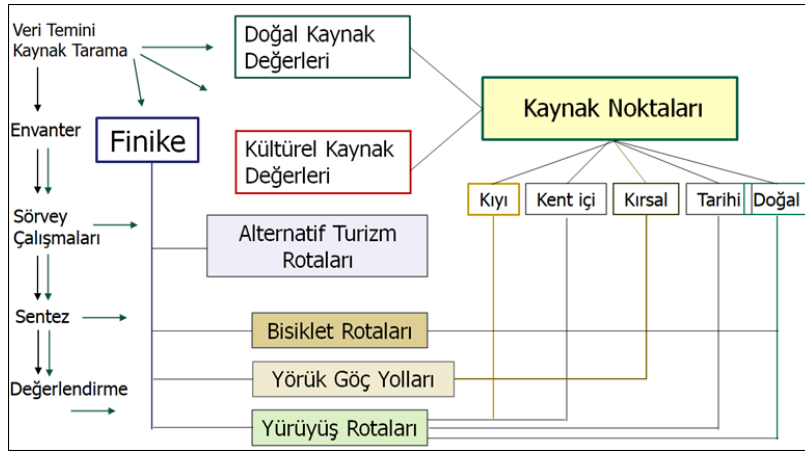
Kaş, Kemer, Alanya, Manavgat gibi diğer ilçelere kıyasla kitle turizmi gelişimi olmaması ve sürdürülebilir turizm ve alternatif turizm kavramlarının uygulanması açısından Finike'nin uygun koşulları sergilemektedir. Akdeniz ile kıyı kesiminden Beydağları'na kadar uzanan tarihi, kültürel ve ekolojik kaynakları, Ördübek ve Oluklu yaylaları, geçmişten günümüze kadar bölgedeki ulaşım ağlarının sağlandığı "Akçay Vadisi" ve bu vadinin etrafını kuşatan verimli tarım arazileri ve kırsal peyzajları ile Finike kitle turizmine alternatif büyük bir potansiyeline sahiptir.



Şekil 1. Araştırma alanı genel konumu.

Figure 1. Location of the research area.

Çalışma yöntemi; veri temini, kaynak tarama, envanter ve arazi, sörvey çalışmaları, sentez ve değerlendirme aşamalarını içermektedir (Şekil 2). Bu kapsamda çalışma konusu ve Finike bölgesi ile ilgili literatür bilgisi ve mevcut çalışmalar incelenmiştir. Burada sayısal veriler ile topoğrafya, toprak yapısı ve hidroloji haritalarının oluşturulması için ArcGIS 10.5 programı kullanılmıştır. İkinci aşamada alternatif turizm rotasına kaynak oluşturacak Finike ilçesi peyzaj değerlerinin envanteri gerçekleştirilmiş, bilgi eksikliği olan doğal ve kültürel peyzaj değerleri için arazi sörveyleri ile yerinde tespitler yapılmıştır. Bu amaçla öne çıkan doğal özellikler, öne çıkan kültürel özellikler, peyzaj – manzara özellikleri, yöreye özgü gelenek – görenekler alt başlıklarından oluşan bir arazi gözlem formu kullanılmıştır. Doğal ve kültürel değerler tanımlanmış, koordinatlandırılmış ve haritaya aktarılmıştır.



Şekil 2. Çalışma yöntemi akış şeması.

Figure 2. Method flow chart.

Doğa Derneği (2006), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2021) ile Finike Belediyesi, Antalya Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Finike Orman İşletme Şefliği'nden alınan verilerle ilçede alternatif turizme konu olabilecek doğal ve kültürel kaynak değerlerini ortaya koymak amacıyla korunan alanlara ait haritalar ile ArcGIS 10.5 programı ile tek bir tabanında birleştirilmiştir.

Mevcut veriler, arazi çalışmaları ve verilerin sentezi ile kıyı, kent iç, kırsal, tarihi ve doğal kaynak noktaları bisiklet, Yörük göç yolları ve yürüyüş rotaları temelinde alternatif turizm rotaları tanımlanmış ve ilçeyle ait doğal ve kültürel peyzaj olanakları ile bağlantıları değerlendirilmiştir.

Bu araştırma sonucunda çalışma alanına giren, alternatif turizm faaliyetleri için potansiyel oluşturan doğal ve kültürel kaynaklar belirlenip değerlendirilmiş ve kaynakların korunarak kullanımı ve tanıtımına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Finike bölgesi doğal kaynak değerleri

Finike kıyından itibaren 3059 metreye kadar ulaşan dağları zengin peyzaj çeşitliliğine, hassas ve benzersiz doğal alanlara, korumaya ihtiyaç duyan tür ve habitatlara sahiptir (Şekil 3). Sulak alanları ve habitatları ile Finike Beymelek kıyı bandı I. Derece Doğal Sit Alanı, Alacadağ ve Çıglıkara Tabiatı Koruma Alanları, Sarıkaya Yaban Hayatı Geliştirme Alanı Finike'deki koruma alanları arasındadır. Karaköse & Terzioğlu (2020), biyolojik çeşitlilik açısından Finike bölgesinde saptanan toplam 523 taksondan 67'i endemik, nadir türlerden oluştuğunu belirtmektedir.

Doğa Derneği tarafından IUCN kriterlerine göre hazırlanan Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları (ÖDA) çalışmasına göre Finike ilçesinin Turunçova ve merkez yerleşim bölgelerinin bir bölümü, Kıbrısçık, Çıglıkara, Beydağları ve Kumluca önemli doğa alanları sınırlarında yer almaktadır. Bu alanlardan Kıbrısçık Likya orkidesinin (*Ophrys lycia*), Likya semenderi (*Lyciasalamandra luschani*), toprak kertenkelesi (*Ophiomorus punctatissimus*), Koçak esmer perisi (*Hyonehele kocaki*), karagözlü mavi kelebek (*Glaucopteryx alexis*), Akdeniz foku (*Monachus monachus*) gibi nesli tehlike altında olan endemik türlere ev sahipliği yapmaktadır.

Finike'yi çevreleyen Beydağları özellikle yırtıcı kuşlar açısından öncelikli bir bölgedir. Kaya Kartalı (*Aquila chrysaetos*), şah kartal (*Aquila heliaca*), sakallı akbaba (*Gypaetos barbatus*) bölgedeki ender kuş türlerindedir. Kıyı kesimi ise deniz kaplumbağası (*Caretta caretta*) için küresel ölçekte önemli bir yuvalama alanıdır (Doğa Derneği, 2006).

Akdeniz ikliminin etkisi altında kalan Finike, Akdeniz bitki topluluğunun yayılma alanındadır. Maki elemanlarının tamamını bölgede görmek mümkündür. Sahilden iç kesimlere doğru genellikle taşlık ve zayıf bir toprak örtüsü bulunması ve geçmişteki ormanların tahripleri nedeniyle makiler geniş yer tutar. Alakır ve Akçay Vadilerinden Avlan Beli'ne kadar yangınlardan ve insan tahribinden korunan alanlarda kızılçam, karaçam ve sedir ormanlarını görmek mümkündür (Karakuş, 2014).

Finike ormanlarında *Pinus brutia*, *Cedrus libani*, *Juniperus excelsa*, *Juniperus foetidissima* taksonları öne çıkmaktadır. Bu taksonlar yükselti ve bakıya bağlı olarak saf veya karışık meşcereler kurmaktadır. Bu hâkim türlere *Acer hyrcanum* subsp. *Sphaerocaryum*, *Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Ostrya carpinifolia* ve *Fraxinus ornus* subsp. *cilicica*, yükseltiye bağlı olarak kızılçamdan Toros sedirine geçiş zonlarında (1000-1100 m) *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* ve *Quercus infectoria* subsp. *veneris* orman yapısına eşlik etmektedir (Karaköse & Terzioğlu, 2020).

Yaban hayatı açısından karakulak (*Caracal caracal*) ve vaşak (*Lynx lynx*) bölgede yaşayan önemli memeli türlerdir. Finike'nin batısındaki kıyı kayalıkları ve mağaraları Akdeniz foku (*Monachus monachus*) için önemli yaşam alanıdır. Bunun yanında Akdeniz biyomuna özgü ve nesli küresel ölçekte tehlike altında olan Likya semenderi (*Lyciasalamandra luschani*), çiftyaşamlı türü ve dar yayılışlı sürüngen olan toprak kertenkelesi (*Ophiomorus punctatissimus*), endemik Koçak esmer perisi (*Hyonehele kocaki*) ile nesli bölgesel ölçekte tehlike altında olan karagözlü mavi kelebek (*Glaucopteryx alexis*) bölgede yaşamaktadır (Doğa Derneği, 2006).

Bölgede alternatif turizmin rotalarının geliştirilmesi ile tespit edilen tüm türlerin tanınması, endemik ve tehlike atındaki türlerin korunması, mevcut yeni türlerin de keşfedilmesi açısından bir imkân oluşturabilecektir.

Finike bölgesi Kültürel kaynak değerleri

Antik Likya bölgesinde yer alan Finike, Fenikeliler tarafından MÖ 5. yüzyılda Phoinikos adıyla kurulmuş, uzun yıllar Likya'nın başkenti Limyra'nın tarım ürünleri ihraç ettiği bir liman ve Fenikelilerin en önemli ticaret merkezlerinden biri olmuştur. Etimolojik olarak Phoinikos "kızıl renkli at" veya "kızıl renkli davar sürüsü" anlamına gelmektedir. Yöredeki hayvan varlığı ile uyum içerisinde olan bu isim (Antalya Valiliği, 2022; Finike Kaymakamlığı, 2024) günümüzde bile bölgedeki kırsal yaşamının özelliklerini yansıtmaktadır.

Tarih boyunca farklı kültürlerle ev sahipliği yapan Finike bölgesi geçmişten günümüze ulaşmış çok sayıda arkeolojik tarihi alanı barındırmaktadır. Kültür ve Turizm Bakanlığı (2021) verilerine göre Finike'de 56 adet arkeolojik sit alanları ve kültür varlığı bulunmaktadır. Bunlar arasında Phanikos, Arykanda, Limyra gibi antik kentleri ve yerleşimleri, kentsel sit alanları, kilise ve sarnıç gibi tarihi yapılar yer almaktadır (Şekil 4).

Diğer yandan Yörük yaşamı yöredeki geleneksel kültürü temsil etmektedir. Yürüyen Türk anlamına da gelen Yörükler sıcak ve kurak geçen yaz aylarında Toroslara çıkmakta, kış aylarını ise ılıman geçen kıyı ovalarında geçirmektedir. Kıyı ve dağlar arasındaki göç yolları üzerinde çok sayıda geleneksel köy yerleşimleri bölgenin özgün kültürel değerleri arasındadır.

Finike, yaklaşık 2500 yıllık bir süreç içerisinde yöre halkı yaşam şartlarına bağlı olarak çeşitli gelenek ve görenekler geliştirmişlerdir. Gerek antik dönem kentleri birbirine bağlayan güzergâhlar üzerindeki konumu gerekse Yörük göçleri, alana ait bir kültürün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kültürel özellikler kullanılan güzergâhlar üzerinde çeşitli şekillerde kendini göstermiştir. Bu durum alternatif turizm rotalarının belirlenmesinde önemli bir rol teşkil etmektedir.

Finike bölgesi alternatif turizme konu kaynak noktaları

Kahraman'a (2019) göre alternatif turizm yerel, sosyo-politik ve ekonomik gerçekliğe daha yakın olmaya çalışılan "yeni" bir turizm kavramını temsil etmektedir. Bu turizm biçimi, turistler ve ev sahibi topluluklar arasında yeni ilişkilerin başlamasına yardımcı olmaktadır. Alternatif turizm kavramı 1950'li yıllarda ortaya çıkan kitle turizmine alternatif olarak oluşturulmuş; ekoturizm, agroturizm, kültür turizmi gibi kendine has özel değerleri sahip turizm türlerini vurgulamaktadır (Delisle & Jolin, 2007; Procházková, 2012).

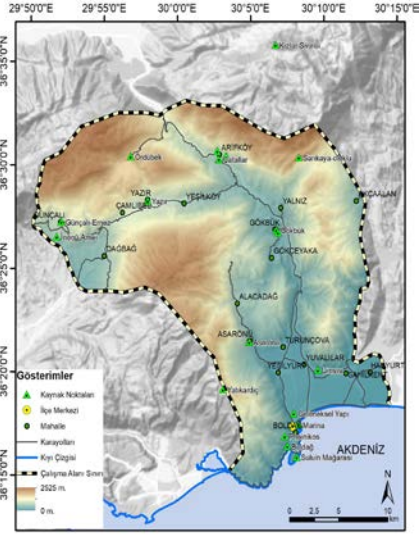
Finike bölgesi alternatif turizm rotalarının analizinde; kıydan itibaren sahil, koylar, marina, tarihi kent dokusu, kıyı gerisi tarım alanları, geleneksel kırsal yerleşimler, doğal ormanlar, anıt niteliğindeki ilginç yapılar, tarihi ve arkeolojik alanlar ve yapılar, bölgenin kültür tarihinde önemli yer tutmuş ve bugün hala önemini koruyan ziyaret noktaları, doğal bitki örtüsünün ilginç yapı sergilediği alanlar yerinde incelenmiştir (Şekil 3 & 4).

İncelemeler sonucunda Finike ilçesinde 19 farklı kaynak noktası belirlenmiş ve bu kaynak noktaları niteliklerine göre kıyı, kent içi, kırsal, tarihi-arkeolojik, doğal olarak belirtilmiştir (Çizelge 1). Bazı kaynak noktaları birden çok niteliğe sahiptir. Örneğin; Marina, hem kıyı hem de kent yerleşiminin içinde bulunan bir alandır, aynı zamanda tarihi niteliği olan bir marinadır. Sahil ve koylar konum olarak kıyı niteliğinde olup aynı zamanda bazı koylar doğal ve arkeolojik koruma alanları içerisinde kalmaktadır (Şekil 4). Ayrıca kıyı koruma bandında yer almaktadırlar. Suluin Mağarası kıyı şeridinde bulunan, çok bilinmeyen, arkeolojik ve doğal değeri olan, keşfedilmeye açık özgün bir yapıya sahiptir.

Çizelge 1. Kaynak noktaları nitelikleri

Table 1. Source point characteristics

Kaynak Noktaları	Kıyı	Kent içi	Kırsal	Tarihi-Arkeolojik	Doğal
Tarihi Sokaklar-Phonikos		X		X	
Marina	X	X		X	
Sahil ve Koyları	X			X	X
Suluin	X			X	X
Boldağ			X	X	X
Yatıkardıç			X		X
Asarönü			X	X	X
Narenciye Bahçeleri		X	X		
Limyra			X	X	X
Gökbük Kanyon			X		X
Gökbük Merkez			X	X	X
Arif-Arykanda			X	X	X
Yazır			X	X	X
Ördübek			X		X
Ernez-Günçalı			X	X	X
Yalnız (Sarıkaya- Oluklu)			X		X
Kızlar Sivrisi			X		X
Alacadağ			X		X
Çiğlıkara			X		X



Şekil 3. Finike doğal peyzaj değerleri: Gökbük Kanyonu (a), Barbaros Hayrettin Koyu (Finike Belediyesi 2022) (b), Mağara sualtı dalış (Finike Kaymakamlığı, 2024) (c).

Figure 3. Finike natural landscape values: Gökbük Canyon (a), Barbaros Hayrettin Bay (Finike Municipality 2022) (b), Cave underwater diving (Finike District Governorship, 2022) (c).



Şekil 4. Finike kültürel peyzaj değerleri: Finike tarihi doku (a), Asarönü (b), Limyra (c).

Figure 4. Finike cultural landscape values: Finike historical texture (a), Asarönü (b), Limyra (c).

Turizm seyahat, konaklama, yeme içmenin yanı sıra eğlence ve dinlenme faaliyetlerine dayalı bir üründür. Söz konusu faaliyetler turizm ürününü çeşitlendirmekte, turizm peyzajının keşfine imkân vermektedir. Alternatif turizm rotaları aynı zamanda alternatif faaliyetleri de içerir ve turizmi tek bir zaman dilimi ve mekân tanımının ötesine taşır.

Finike bölgesi için tanımlanan her bir kaynak noktası yüzme, dalış, yürüyüş gibi karaya ve suya bağlı rekreasyonel faaliyetlerin yanı sıra yerel ürün işleme atölyeleri, üzüm ve incir gibi tarım ürünlerinin hasadı, adaçayı ve kekik gibi doğada bulunan tıbbi-aromatik bitkilerin toplanması, tarihi – arkeolojik alanların ziyareti gibi çok geniş bir yelpazede ele alınmıştır (Çizelge 2). Söz konusu turistik ve rekreasyonel faaliyetlerin yıl boyunca ve bölgenin farklı kesimlerinde yapılma imkânı sürdürülebilir turizmin bileşenleri arasında da yer almaktadır.

Çizelge 2. Kaynak noktaları ve yapılabilecek turistik ve rekreasyonel faaliyetler

Table 2. Resource points and possible touristic and recreational activities

Kaynak Nokta	Etkinlikler
Tarihi Sokaklar-Phoenikos	Tarihi ve antik geziler, bölgenin tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, restore çalışmalarına katılma, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, dönem dönem gerçekleştirilen ve geliştirilebilecek olan müzik, resim, tiyatro, söyleşi, dinleti gibi kültürel faaliyetlere katılma, antik kentin üst noktasından kentin kuşbaşı seyri.
Marina	Yüzme, mendirekte olta ile balık tutma, tekne ile balık tutma, fotoğraf çekme, yürüyüş, su altı dalışları, yüzme, diğer su sporları, tekne gezisi, konser, açık hava tiyatrosu, resim, müzik gibi kültürel faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme.
Sahil ve Koyları	Yüzme, su altı dalışları, yelken, parasailing vb. su sporları, balık tutma, deniz kaplumbağası gözlem ve koruma faaliyetlerine katılma, kamp yapma, sahilde yürüyüş, koşu, jimnastik, sahildeki işletmelerde gerçekleştirilebilecek kültürel faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme
Suluin	Sualtı dalışları, yüzme, mağara gözlemi, doğal bitki örtüsü gözlemi, fotoğraf çekme, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, doğa yürüyüşü, manzara seyretme
Boldağ	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, çoban hayatını gözlemleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, bisiklet, enduro, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, harnup toplama, harnuptan ürün elde etme (pekmez, keçi boynuzu tozu vb), menengiç toplama ve menengiçten ürün elde etme, doğal ve endemik bitki gözlemi ve keşfi, ekoturizm ve agroturizm.

Çizelge 2. Devamı

Table 2. Continued

Kaynak Nokta	Etkinlikler
Yatıkardıç	Fotoğraf çekme, yayla turizmi, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, sedir banyosu, ağaç işleri yapım faaliyeti (kaval-kaşık).
Asarönü	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, bisiklet, enduro, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, endemik bitki ve yaban hayvanlarını gözlemleme.
Narenciye Bahçeleri	Çiftçilik üzerine eğitim ve uygulama faaliyetleri, hasat çalışmalarına katılım, meyvelerden yan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri (reçel, marmelat, lokum, kuru meyve, esans, meyve suyu) çiçeklenme dönemi portakal çiçeği kokusu deneyimleme, fotoğraf çekme,
Limyra	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, manevi ziyaret, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, alpinizm, tepe noktasından Finike İlçesi'ne geniş ve kuşbakışı gözlem.
Gökbük Kanyon	Doğa yürüyüşü, tırmanma, kano, yüzme, tırmanma, yamaç paraşütü, balık tutma, kamp, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan gözlemi
Gökbük Merkez	Yürüyüş, bisiklet, enduro, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, nar hasatı, nardan yan ürün elde etme faaliyetleri atölyeleri (nar suyu, nar ekşisi, reçel, lokum, marmelat, nar kabuğu kurusu), ağaçtan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri, bez bebek yapım atölyeleri, yerel şenliklere katılma, yüzme, kano, kamp, resim, müzik, tiyatro gibi faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme, manzara seyretme, açık hava sineması, gökyüzü gözlem faaliyeti.
Arif-Arykanda	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, alpinizm, tırmanma, su kenarı köylü pazarı kar suyu alanını deneyimleme.
Yazır	Yürüyüş, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, üzüm ve incir hasatı, üzüm ve incirden yan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri (üzüm suyu, pekmez, üzüm kurusu, incir kurusu, incir reçeli), yerel şenliklere katılma, restorasyon çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme. Ekoturizm, agroturizm, yayla turizmi.
Ördübek	Doğa yürüyüşü, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, yayla ve kış turizmi.
Ernez-Günçalı	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, arıcılık ve bal üretim süreçlerini öğrenme ve deneyimleme, mağaraları inceleme, mağara turizmi, yayla turizmi, ekoturizm, agroturizm.
Yalnız (Sarıkaya-Oluklu)	Doğa yürüyüşü, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, besleme, koruma faaliyetleri, yayla ve kış turizmi.
Kızlar Sivrisi	Doğa yürüyüşü, alpinizm, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, besleme, koruma faaliyetleri, yayla ve kış turizmi.
Alacadağ	Doğa yürüyüşü, bisiklet, manzara seyretme, kamp, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, manevi ziyaret (Eroğlu Nuri Türbesi), tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme.
Çıglıkara	Doğa yürüyüşü, bisiklet, manzara seyretme, kamp, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, anıt, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, yayla ve kış turizmi.

Finike bölgesi alternatif rotaları

Bisiklet rotaları

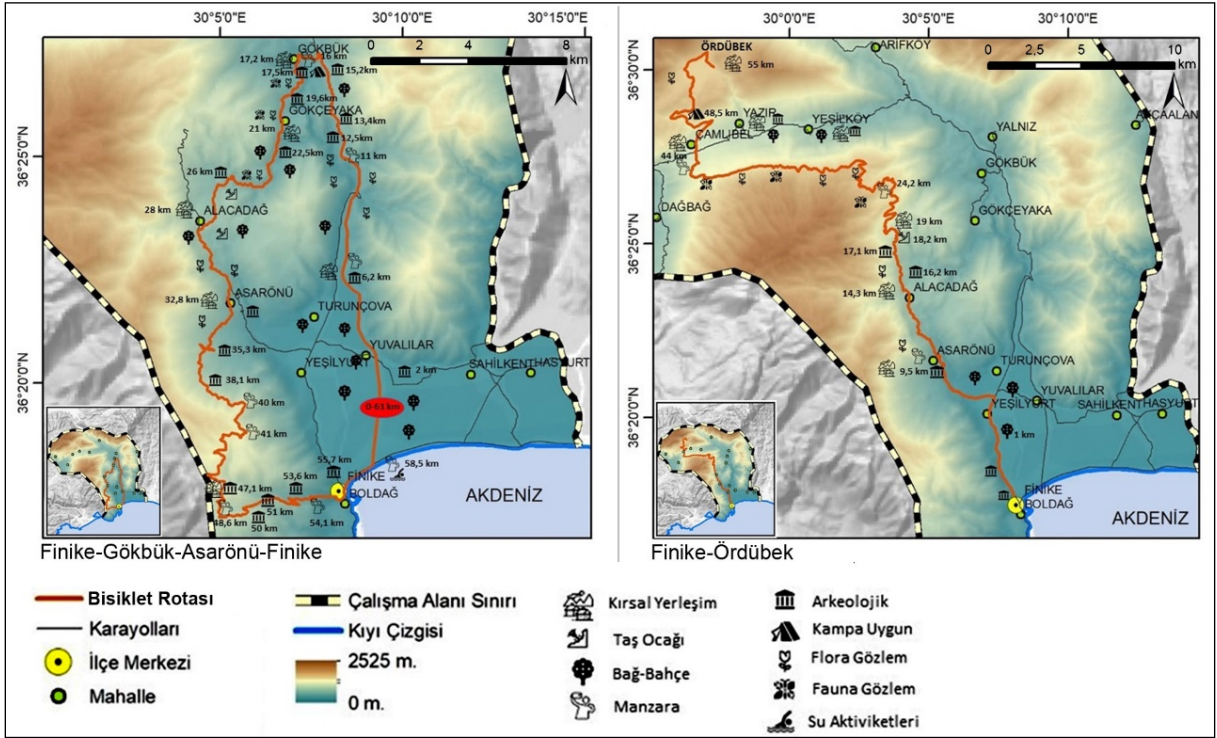
Farklı zorluk derecelerinde olmakla birlikte bisiklet rotaları Finike bölgesi ve çevresinde dağ bisikleti ile doğa keşfi yapan grup ve kişilerin önerdiği rotalar üzerinden geliştirilmiş, güzergâh üzerindeki ve çevresindeki doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile ilişkilendirilerek yeniden düzenlenmiştir. Asarönü ve Finike-Ördübek bisiklet rotaları (Şekil 6) Finike için oluşturulan iki önemli rotayı temsil etmektedir.

Finike-Gökbük-Asarönü rotası

Finike merkezden başlayan, Yuvalı mevkiinden, Finike-Elmalı kara yolu üzerinde Gökbük Mahallesi'ne dönen, Gökbük merkezden sırasıyla Gökçeyaka, Alacadağ, Asarönü, Boldağ duraklarını geçen rota Finike sahilinin bir kısmından geçerek başlangıç noktasına dönüş yapan (Şekil 5) rota, güzergahı üzerinde çok sayıda tarihi, kültürel ve doğal peyzaj değerlerinin de ziyaretine imkan vermektedir.

Finike-Ördübek rotası

Finike merkezden Ördübek yaylasına toplam 54 km uzunluğundaki rota; kentsel, kırsal, arkeolojik ve doğal dokuyu tanımayı sağlayacak noktalardan geçmektedir. Şekil 5'de rotanın geçtiği noktalar belirtilmiştir. Rota üzerinde kırsal yerleşimler, flora-fauna gözlem noktaları, arkeolojik alanlar bulunmaktadır. Ayrıca su aktivitelerine ve kampçılığa olanak sağlayan alanlar barındırmaktadır.



Şekil 5. Bisiklet Rotası; Finike-Gökbük-Asarönü-Finike, Finike-Ördübek.

Figure 5. Bicycle Route; Finike-Gökbük-Asarönü-Finike, Finike-Ördübek.

Yörük göçü rotaları

Coğrafik açıdan Teke Yöresi içerisinde yer almakta, Finike'de yörük yaşamı öne çıkmaktadır. Ekşi & Akdağ'a (2017) göre bölgedeki yerleşim yapısı 13. Yüzyıldan günümüze kadar Yörük kültürü ile şekillenmiştir. Sarı & Ertürk (2017) Yörüklerin sahil, güzle ve yayla arasında gerçekleşen mevsimlik göçleri sırasında kullandıkları yolların bir kısmı günümüzde de aktif olarak kullanıldığını belirtmektedir.

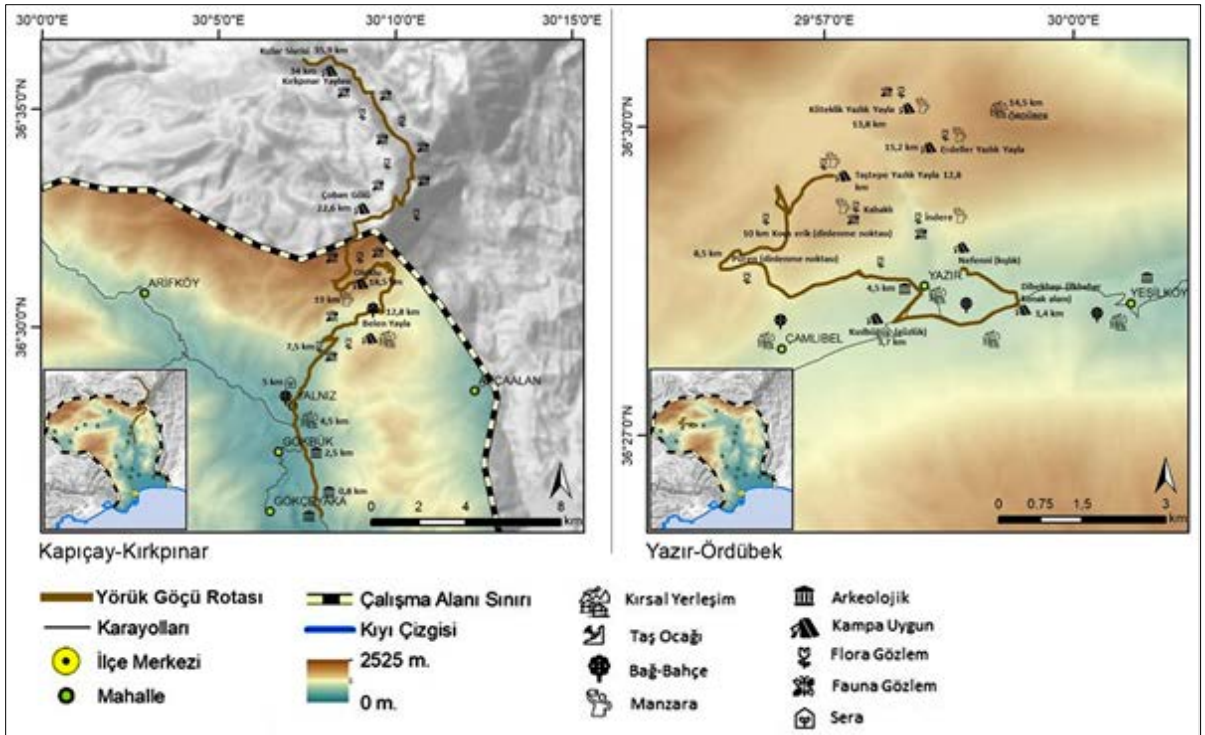
Finike yerel halkının geçmişteki yaşam tarzını temsil eden konar göçerliğin tüm yıla yayılan bir sirkülasyonu vardır. Finike yörüklerinin geçmişte göç ettikleri noktalar ve güzergâhlar tespit edilerek bu güzergâhlar ve alanlar alternatif turizm için bir seçenek olarak önerilmiştir. Bu rotalar güneybirlik yürüyüşlerle tamamlanabileceği gibi önerilen noktalarda yapılacak kamplarla 3 gün ve üzeri günlerde de yapılabilir. Yörük göçü rotaları için Kapiçay-Kırkpınar ve Yazır-Ördübek (Şekil 6) olmak üzere iki farklı güzergâh belirlenmiştir.

Kapiçay-Kırkpınar Yaylası rotası

Sahilde Kapiçay mevkiinde kışı geçiren, özellikle çobanlık yapan Finike'liler nisan ayında Kudret Gölü'ne çıkarlar, bahar mevsimini burada geçirirler. Hayvanlarını Kırkpınar Yaylası'na ve Kızlar Sivrisi'ne çıkararak otlatırlar. Yaz sonuna doğru Oluklu Yaylası'na gelirler, yazı burada geçirirler. Güz mevsiminde de Belen Yaylası'na inerler. Aralık ayında tekrar sahile inerler. İdari sınırların da ötesine geçen göç rotaları güzergâhları üzerinde su kaynakları, konaklamaya uygun düzlükler gibi (Şekil 6) önemli durak noktalarını içermektedir.

Yazır-Ördübek Yaylası rotası

Yazırlı çobanlar kış dönemini yukarı Nefenni ismi ile anılan yüksek ama korunaklı noktada geçirirler, baharda ve güzün Dibekbaşı ya da Kızbüğüş mevkiinde dönüşümlü olarak obalarını kurarlar. Hangisinde tarlalara ekim yapıldıysa çobanlar diğer güzlük ya da baharlık mevkiide konaklarlar. Mayıs sonu ördübek yaylasına göçülür ve burada 3 ayrı noktada ekin durumuna göre her yıl dönüşümlü konaklarlar. Köteklik, Taştepe ve Erdeller konakladıkları yazlık yayla noktalarıdır. Yol boyunca vadi yamacından gidilir. Mevkiilere yakın İndere, püren, yukarı ve aşağı malgaca su kaynakları vardır. Ayrıca yayladaki tepelerde adaçayı, nane çayı, elma çayı(çalbağ) gibi tıbbi-aromatik bitkiler bulunur. Küçükbaş hayvanları otlatmak için köteklik mevkiinin üst sırtlarındaki kırlara çıkarırlar. Pınarların çiçeklendiği haziran ayında kabaklı bölgesinde otlatırlar.



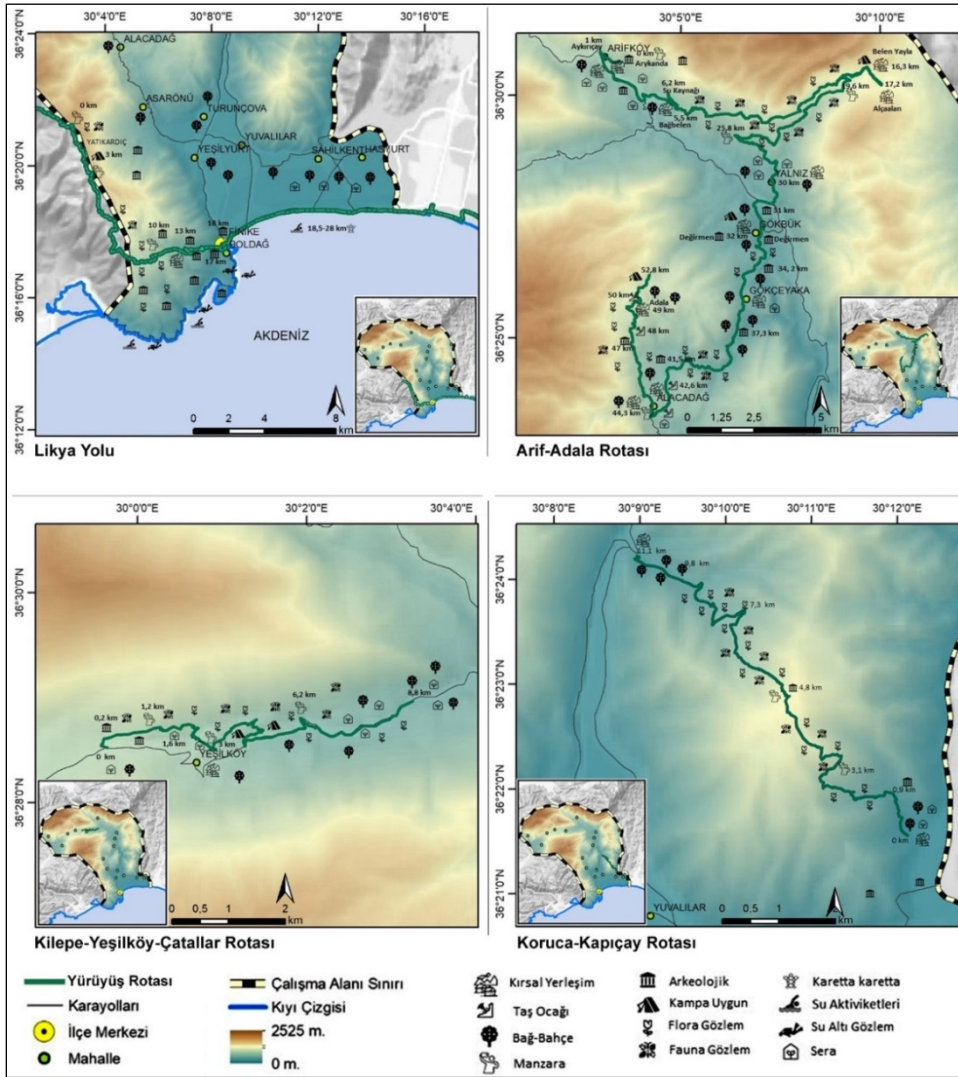
Şekil 6. Yörük Göçü Rotası; Kapiçay-Kırkpınar, Yazır-Ördübek.

Figure 6. Nomad Migration Route; Kapiçay-Kırkpınar, Yazır-Ördübek.

Yürüyüş rotaları

Yürüyüş doğa içinde en çok tercih edilen rekreasyon şeklidir. Bu kapsamda yürüyüşe esas güzergahın kullanıcıya uygun işaretlenmesi ve tanımlı bir hat üzerinden tasarlanması çevresel etkilerin kontrolünü mümkün kılacak, kaybolma riskini ortadan kaldıracaktır.

Finike antik Likya bölgesi içinde yer almaktadır. Işıklar ülkesi olarak bilinen Likya, kıyından dağlık kesimlere kadar uzanan çok sayıda uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Antik dönemden günümüze ulaşmış ve uluslararası bilinirliğe sahip Likya Yolu, Finike için alternatif turizm gelişim rotalarına esas oluşturmuştur. Likya Yolu'nun yanısıra 8 tane daha yürüyüş rotası belirlenmiş (toplam 9 rota), bunlardan en önemli olduğu düşünülen 4 tanesi çalışmada değerlendirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Yürüyüş Rotası; Likya Yolu , Arif-Adala Rotası, Kilepe – Yeşilköy-Çatallar Rotası, Koruca-Kapıçay Rotası.

Figure 7. Trekking Route; Lycian Way, Arif-Adala Route, Kilepe-Yeşilköy-Çatallar Route, Koruca-Kapıçay Route.

Likya Yolu

Farklı güzergahlar oluşan Tarihi Likya Yolunun 29,2 km'lik bölümü Finike ilçe sınırlarından geçmektedir. Demre tarafından başlatıldığında Demre ile Finike sınırında 9 km'ye kadar da Demre-Finike

sınırında ilerlemektedir. Likya Yolu güzergahı sırasıyla Yatıkardıç, Boldağ, sahil bandı, şehir merkezi, sahil şeridinden geçerek Kumluca ilçe sınırına ulaşmaktadır (Şekil 7). Kaynak noktaları açısından Likya Yolu yürüyüş rotası Sahil, Boldağ ve Yatıkardıç duraklarından geçmektedir.

Arif-Adala Rotası

Finike-Elmalı karayolunun 30. km'sindeki Arif Mahallesi'nde bulunan Arykanda Antik Kenti'nden başlayıp Alacadağ Adala mevkiinde son bulan 52,8 km'lik bir rotadır (Şekil 7). Alacadağ mevkisinde tüm ovaya hakim panoramik manzaralar vardır ancak bölgedeki taşocakları doğal dokuyu bozmaktadır. Belen Yayla, Gökbük ve Adala merkez ve/veya çevrelerinde kamp yapmak için uygun alanlar mevcuttur. Yürüyüş güzergahı boyunca karşılaşılan nar bahçeleri, seralar, flora, fauna, antik kalıntılar ve yerleşimler, kırsal yaşam deneyimleri alternatif turizm için nitelikli bir ürün yelpazesi sunmaktadır.

Kilepe–Yeşilköy-Çatallar Rotası

Yeşilköy Mahallesinin kuzey yamacındaki rota Kilepe bölgesini deneyimleme imkanı sunmaktadır (Şekil 7). Eski Elmalı-Kaş yolu üzerindeki bu rota tarihi kalıntıları doğal yapısı, kırsal yaşam niteliği ve Yeşilköy'e bakan arkasında dağ silüeti ile köy manzarasına hakimdir. Rota üzerinde flora ve fauna gözlemi, kamp, panoramik manzaralar gibi alternatifler mevcuttur. Çatallar mevkiine ulaşıncaya alabalık yetiştirme çiftlikleri görülebilir. Eski Elmalı – Finike yolunun yeni güzergaha taşınması ile nispeten ıssız bir hal alan Çatallar merkezi alternatif turizm çalışmaları ile hareketlendirilip canlı dokusuna tekrar kavuşturulabilir.

Koruca-Kapıçay Rotası

Rota, Sahilkent Mahallesi'nin Kumluca Salur Mahallesi sınırındaki Koruca mevkiinden başlayıp Yalnız Mahallesi Kapıçay Mevkii'nde sonlanmaktadır (Şekil 7). Kumluca Alakır Çayı yatağının yakınındaki Koruca mevkiinden, Turunçova-Elmalı yoluna geçişi sağlayan sert bir parkurdur. Başlangıç noktası Limyra Antik Kenti'ne ve Tarihi Roma Yapısı olan Kırkgöz Köprü'ye yakındır. Yaklaşık 1200 m çıkıştan sonra 700 m iniş yapılır. Çobanların rehberliğinde yürünebilmektedir. Özellikle inişte çok dikenli sarmaşıklar, böğürtlenler yolları patikaları kapatmış durumdadır. Yol boyunca hiç su kaynağı bulunmamaktadır. Yolun başlangıç ve bitişi kırsal yerleşimdir, narenciye bahçeleri ve seralar vardır. Çıkıştan sonraki 1 km içinde sağ kanatta arkeolojik alan mevcuttur. 5. km'de zirveye ulaşılır ve bu nokta ve çevresi arkeolojik sit alanıdır. Manzarası tüm Finike ve Kumluca Ovasına ve Finike Körfezine hakimdir. Yol boyunca maki bitki türlerinin çeşitlerini görmek mümkündür.

TARTIŞMA

Büyük ziyaretçi grupları ile gerçekleştirilen kitle turizminin doğal çevre üzerinde yıkıcı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bugün gelinen noktada Akdeniz turizmindeki en acil konu olumsuz etkileri azaltmak ve sürdürülebilir gelişme hedeflerine ulaşılması (European Union, 2019) olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde 1970'li yıllarda kitle turizmi ile başlayan ve 2000'li yıllarda turizmin çeşitlendirilmesi adı altında çoklu yönleriyle gelişen kitleye dönüşen bir turizm sektörü vardır (Ortaçesme & Zeğerek, 2017). Fakat bugün kitle turizminin tekrar eden projeler ile devam ettiği gerçeği dikkate alındığında, turizmi sürdürülebilir kılabilecek acil çözümlere ihtiyaç vardır. Bu çözümlerde yerel kimliğin, doğal ve kültürel miras niteliği taşıyan peyzaj çeşitliğinin göz önüne alınması, paydaş katılımı ve iş birliğinin sağlanması ve uygulanan turizm aktivitelerinin yerel ölçekte ekonomik, sosyal ve çevresel gelişime katkıda bulunması gibi konular öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir turizm doğal kaynakların, kültürel mirasın ve yöre kültürünün korunmasına ve yerel ekonomilerin desteklenmesine dayanmaktadır. Bu bağlamda alternatif turizm rotaları yerel sanatlar, yerel lezzetler, tarihi alanlar, doğa parçaları, geleneksel yaşam, sanatsal öğeler gibi çoklu değerleri bir hat üzerinde buluşturması ile tatil deneyimini zenginleştirdiği gibi yerel ekonomilere önemli katkı sağlaması ile sürdürülebilir turizmin önemli bir aracıdır.

Avrupa Birliği'nin Akdeniz turizminin sürdürülebilir gelişimi (European Union, 2019) için öngördüğü çözümlerden biri de turizm hareketlerine zaman ve mekan düzenlemesi getirilmesidir. Bu bağlamda alternatif turizm rotaları yeni bir destinasyon gelişimi olmadan turizmdeki mevcut talebin ve ziyaretçilerin yıl içinde kıyı, kent, kent çevresi, uzak doğal ve kırsal alanlardaki doğal ve kültürel turizm kaynaklarına erişimine imkan vermektedir. Amaç turizmi sürdürülebilir bir forma dönüştürmede uygun planlama araçlarına ihtiyaç olup, alternatif turizm rotalarının doğru bir planlanması önem taşımaktadır.

Günümüzde turistler, standart turları terk ederek daha kişiselleştirilmiş seçeneklere yönelmektedirler (Rodriguez et.al., 2012). Bununla birlikte turizm güzergahı planlama ve geliştirme konusunda araştırma eksikliği bulunmaktadır (Antonson & Jacobsen, 2014). Bu bağlamda Güney Antalya bölgesinde yaygın olan kitle turizminin dışında özellikle kıyı ve kültür turizmi potansiyellerinin öne çıktığı Finike'de mevcut turizm faaliyetlerinin yanında özellikle bu faaliyetlerin bir rota çerçevesinden ele alınması ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışmada Antalya, Finike bölgesi örneğinde doğal ve kültürel kaynak değerlerinin tespit edilerek, alternatif turizm rotaları tanımlanmıştır. Antalya'da 50 yıldan beri süregelen turizm altyapısı potansiyel ziyaretçilerin konaklamasına imkân sağlarken, Finike alternatif turizm rotaları bölgede kıyıda yoğunlaşmış kitle turizmine çoklu alternatif sunacak niteliktedir.

Henüz turizmin yıpratıcı etkisi ile karşılaşmamış olan bu küçük ve sakin ilçe olan Finike yeni ve sürdürülebilir turizm potansiyelleri açısından ele alınmıştır. Burada amaç kitle turizmini ilçeye taşımak değil, zaten bölgede var olan yabancı ve yerli ziyaretçilere ve aynı zamanda yöre halkına doğal ve kültürel peyzaj değerlerini tanımlarına ve deneyimlemelerine imkan vermek, yöre ekonomisine katkıda bulunmaktır.

Turizm rotasının sınıflandırılması önemlidir (Pedrosa et al., 2022). Burada yerel, bölgesel gibi fiziksel ölçek, kıyasal, karasal gibi coğrafik ölçek kadar gıda, yerel ürünler ile rotanın temalandırılması turizm ürününün çeşitlendirilmesi anlamında gereklidir. Bu kapsamda Finike ilçesinde bilinen ve mevcutları yanı sıra turizme kaynak oluşturacak potansiyel doğal ve doğal değerler arazi çalışmaları ile yerinde tespit edilerek bir envantere dönüştürülmüş; her bir kaynak değeri kıyı, kent içi, kırsal arkeolojik ve doğal olma durumlarına göre kaynak noktalarının tanımlanmıştır. Her bir kaynak noktası aynı zamanda istasyon niteliğinde olup, her bir istasyonda hangi turistik ve rekreasyonel faaliyetlerin yapılabileceği araştırılmıştır. Son olarak da alternatif turizm rotaları bisiklet, yürük göç yolları ve yürüyüş yolları olarak temalandırılarak farklı etapları ile haritalandırılmıştır.

Bisiklet rotalarının oluşturulmasında bölgede faaliyet gösteren bisiklet kulüpleri ve bisiklet keşifleri yapan grup ve kişilerin önerileri dikkate alınmıştır. Çoğu yerde mevcut ulaşım güzergahı ile örtüşen bisiklet rotaları doğal ve kültürel kaynak değerlerinin de ziyaretini mümkün kılacak şekilde düzenlenmiştir.

Sarı & Ertürk (2017) Finike'nin yer aldığı batı Toroslarda yürük göç yollarının araştırılması gereken önemli kültürel değerlerden biri olduğunu belirtmiştir. Finike için Kapıçay-Kırkpınar ve Yazır-Ördübek ile iki güzergahta tanımlanan Yörük göç yolları geçmişten günümüze taşınmış ve peyzaja ve bölgenin coğrafik özellikleri ile şekillenmiş gelenekleri içermektedir. Yaylak ve kışlak yerleşim yerleri arasındaki ulaşım dayanan Yörük göç yolları doğal ve kültürel değerleri içermesinin ötesinde su kaynakları gibi Yörük yaşamında referans alınan geleneksel bilgi yansıtmaktadır. Bu rotalar sayıları azalmış olsa da hala Yörük toplulukları tarafından aktif olarak kullanılmaktadır.

Likya Yolu, Türkiye'nin güneyinde, Fethiye'den Antalya'ya giden, 540 km'lik, yürümesi ortalama 29 gün süren işaretlenmiş bir yürüyüş rotasıdır. Rota, genel olarak Roma yolları, eski patikalar ve katır yollarından oluşmaktadır (Türkiye Kültür Rotaları Derneği, 2022). Türkiye'nin ilk uzun mesafeli yürüyüş rotası olan ve bir bölümü Finike'de bulunan Likya Yol alternatif turizme yönelik oluşturulan yürüyüş rotaları için temel alınarak doğal ve kültürel peyzaj kaynakları ile ilişkilendirilmiştir.

Bu kapsamda Finike için alternatif turizm rotalarına hizmet sunacak kaynak noktaları tespit edilmiş, her bir noktadaki mevcut ve potansiyel turizm ve rekreasyonel faaliyetlere açıklık getirilmiştir. Bölgedeki temel geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olduğu gerçeğinden ola çıkıldığında, bu durum bölgede alternatif

turizmin alt dalları olarak görülen ekoturizm ve agroturizm türlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Civelek vd. (2014) agro-turizmin yerel halka sağladığı istihdam ve ekonomik çeşitlilik agro-turizmin kırsal kalkınma aracı olduğunu vurgulamaktadır. Bu çalışmada da Finike ilçesinde belirlenen kaynak noktaları ve alternatif turizm rotalarının agro-turizm açısından da değerlendirilmesi öngörülmüş ve agroturizm ile ilişkili olabilecek tarımsal ve kırsal yerleşim alanları rotalara dahil edilmiştir.

Halaç & Benzer (2019) değişen turizm algısıyla beraber büyük ölçekli kentlere olan ilginin günden güne küçük ölçekli kentlere doğru geçişin söz konusu olduğunu belirtmişlerdi. Bu anlamda Finike gibi bölgenin kendine özgü özelliklerini koruyan turizm yaklaşımları kültür rotalarının oluşturulmasında önemlidir. Rotalar oluşturulurken doğal ve kültürel mirasın özellikli noktalarının tespiti öne çıkar. Bu çalışma alanındaki alternatif turizme konu olabilecek durak noktaları; manzara, kültürel doku, tarihi yapı-alan, ilginç doğal oluşum (mağara-bitki dokusu-anıt, endemik bitki, frigana), geleneksel yerleşim, agro-kültür alanlar gibi özellikleri bakımından sınıflandırılmıştır ve bu sınıflamalar hazırlanan rotalardaki durak noktalarında belirtilmiştir.

Anuar & Marzuki (2022) turizm rotalarının turizm destinasyonlarının gelişiminde büyük potansiyeller sunduğunu savunmaktadır. Tek yön bir turizm rotası destinasyon seçimi ile başlarken (Qi & Wang, 2022) destinasyon içindeki farklı rotalar turizmdeki alternatifleri ortaya koymaktadır. Antalya benzersiz doğal, tarihi ve kültürel zenginlikleri ile Türkiye'nin en önemli turizm merkezlerinden biridir. Bölgede turizm faaliyetleri büyük ölçüde kıyı kesiminde ve kitle turizm destinasyonlarına dayanmaktadır. Bu bağlamda Finike alternatif turizm rotaları ile Antalya bölgesindeki tek yönlü destinasyon seçimine çoklu alternatifler sunmaktadır.

Finike ilçesinin potansiyelleri de göz önünde bulundurulduğunda, günümüzde değişen turizm anlayışına uyum sağlanması, turizmin dört mevsime yayılabilmesi ve sürdürülebilir turizmin gerçekleştirilebilmesi için alternatif turizm olanaklarının ortaya konulması ve buna bağlı turizm stratejileri belirleyerek planlanması gerekliliği açıkça görülmektedir. Yapılan bu çalışma ile Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj kaynakları incelenmiş, Finike için uygun olabilecek alternatif turizm türleri belirlenmiş ve kaynakların hızla tükendiği göz önünde bulundurularak, alternatif turizme yönelik rotalar ortaya konulmuştur.

Turizme uygun alanlarda kaynakların korunarak kullanılabilmesi için sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde çözümler üretilmesinin gerekliliği ortak kanıdır. Bu süreç yerel kimliğin, doğal ve kültürel miras niteliği taşıyan peyzaj çeşitliliğinin bu çözümlere dahil edilmesi, paydaş katılımıcılığın ve iş birliğinin sağlanması ve uygulanan turizm aktivitelerinin yerel ölçekte sosyal ve ekonomik gelişime katkıda bulunması gibi amaçları da kapsmalıdır.

Bu çalışma ile Finike ilçesinin, doğal ve kültürel peyzaj değerleri bir bütün olarak ele alındığında, tüm yıla yayılabilecek çok önemli bir alternatif turizm potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Yöre halkının ekonomik anlamda kalkınmasına yardımcı olabilecek bu potansiyel, alan yönetim planlaması çerçevesinde, koruyarak kullanma ilkesi temel alınarak değerlendirilmelidir.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

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 Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Antalya Valiliği, 2022. Finike. Antalya Valiliği. (Web Sayfası: <http://www.antalya.gov.tr/finike>) (Erişim tarihi: 11.11.2022).
- Antonson, H. & J.Kr.S. Jakobsen, 2014. Tourism development strategy or just brown signage? Comparing road administration policies and designation procedures for official tourism routes in two Scandinavian countries. *Land Use Policy*, 36: 342-350. (<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.003>)
- Anuar, M.A.K. & A. Marzuki, 2022. Critical elements in determining tourism routes: a systematic literature review. *Geografie*, 127 (4): 319-340. (<https://doi.org/10.37040/geografie.2022.010>).
- Atik, M., 2003. Güney Antalya Bölgesindeki Gelişmelerin Doğal Çevre Üzerine Etkileri ve Sürdürülebilir Turizm Olanakları. Çukurova Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora tezi, Adana, 296 s.
- Baykal, F., 2015. Uluslararası turizm ulaştırmasının akış yönü ve dağılım dokusu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24 (2): 57-68.
- Civelek, C., T. Dalgın & H. Çeken, 2014. Agro-turizm ve kırsal kalkına ilişkisi: Muğla yöresindeki agro-turizm alanlarında bir araştırma. *Turizm Akademik Dergisi*, 1 (1): 15-28.
- Cruz, S.P., C.R. De Almeida, P. Pintassilgo & R. Raimundo, 2022. Sustainable drive tourism routes: a systematic literature review. *Social Sciences* 11 (11): 510. (<https://doi.org/10.3390/socsci11110510>)
- Çelik Çanga, A. & D. Şenay, 2023. Opportunities of using rural areas for recreational purposes: The case of the Karacabey District, Bursa Province. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 60: 1-17. (<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1182317>).
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. Antalya İli, Finike İlçesi, Fuar, Panayır ve Festival Alanı Amaçlı Uygulama İmar Planı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (Web Sayfası: https://webdosya.csb.gov.tr/db/antalya/duyurular/5000nlp_rapor-20200914102956.pdf) (Erişim tarihi: 11.01.2023)
- Delisle, M.A. & L. Jolin, 2007. Un Autre Tourisme Est-il Possible? Éthique, Acteurs, Concepts, Contraintes, Bonne Pratique, Ressources. Québec: Presses de l'Université du Québec, 172 pp. (<https://doi.org/10.2307/j.ctv18ph9d5>).
- Demir, C. & A. Çevirgen, 2006. Ekoturizm Yönetimi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. ISBN: 975-591-844-2, 222 s.
- Doğa Derneği, 2006. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Ankara. ISBN: 978-975-98301-3, 639 s.
- Ekşi, M. & S. Akdağ, 2017. Antalya Kumluca'nın geleneksel yaşam terimleri ve kültürel peyzaj açısından değerlendirilmesi. *Avrasya Terim Dergisi*, 5 (2): 40-51.
- European Union, 2019. Promoting Alternative Tourism Models to Reduce Pressures in the Mediterranean Region. Interreg Mediterranean – Sustainable Tourism. (Web site: https://planbleu.org/wp-content/uploads/2019/06/alternative_tourism_models_web.pdf) (Date accessed: 10.03.2024).
- Finike Belediyesi, 2022. Finike. (Web Sayfası: <https://finike.bel.tr/radyofar-koyu>) (Erişim tarihi: 20.03.2022).
- Finike Kaymakamlığı, 2024. Finike-Tarihi. Finike Kaymakamlığı. (Web Sayfası: <http://www.finike.gov.tr/tarihi>) (Erişim tarihi: 20.03.2024).
- Görmüş, S., E. Atmış, H.B. Günşen, N.K. Özkazanç & M. Artar, 2017. The importance of mapping natural and cultural routes in rural tourism: Bartın case. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 10 (1): 32-38.
- Halaç, H. & M. Benzer, 2019. Küçük yerleşim yerlerinin turizme açılmasında kültürel mirasın rota ile kurgulanması. *Geomatik Dergisi*, 4 (1): 23-29. (<https://doi.org/10.29128/geomatik.438618>).
- Kahraman, O.C., 2019. Turist Deneyimi ve Tekrar Ziyaret Etme Niyeti Arasındaki İlişkide Kişilik Özelliklerinin Aracı Rolü: Alternatif Turizm Türlerine Katılan Turistler Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora Tezi, İstanbul, 296 s.

- Karaköse, M. & S. Terzioğlu, 2020. Finike (Antalya) orman planlama biriminin vasküler bitki florası. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (5): 1144-1162. (<https://doi.org/10.18016/ksutarimdoqa.vi.681247>).
- Karakuş, A., 2014. Finike (Antalya) İlçesinin Coğrafi Etüdü. Süleyman Demirel Üniversitesi, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 135 s.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021. Finike Arkeolojik Sit Alanları ve Kültür Varlıkları. Antalya Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü, Antalya, 10 s.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022. Turizm Çeşitleri. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (Web Sayfası: <https://www.ktb.gov.tr/TR-96269/turizm-cesitleri.html>) (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- Meyer, D., 2004. Tourism Routes and Gateways: Key Issues for The Development of Tourism Routes and Gateways and Their Potential for Pro-Poor Tourism. Overseas Development Institute, ODI discussion paper, London, 31 pp.
- Ortaçşeme, V. & P. Zeğerek, 2017. Yeşil alanların kent turizmüne katkısının Antalya örneğinde incelenmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 30 (3): 205-212. (<https://doi.org/10.29136/mediterranean.359813>).
- Pedrosa, A., F. Martins & Z. Breda, 2022. Tourism routes: a scoping review. European Journal of Tourism Research 32: 3216.
- Procházková, K., 2012. Alternative Tourism and Sustainable Development in The Small Island Caribbean: Case Study of Dominica, West Indies. Palacky University, (Unpublished) Bachelor Thesis, Olumuc, 72 pp.
- Qi, J., Wang, Q., 2022. Tourism route selection model for tourism sustainable development based on improved genetic algorithm. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2022: 4287011. (<https://doi.org/10.1155/2022/4287011>).
- Rodriguez, B., J. Molina, F. Perez & R. Caballero, 2012. Interactive design of personalised tourism routes. Tourism Management, 33 (4): 926-940. (<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.09.014>)
- Sarı, C. & M. Ertürk, 2017. Batı Toroslarda yürük göç yollarının turizm amaçlı kullanımına yönelik planlama önerileri. Turkish Studies (Elektronik), 12 (24): 159-178. (<http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.12146>).
- TDK, 2024. Güncel Türkçe Sözlük. (Web Sitesi: <https://sozluk.gov.tr/>) (Erişim Tarihi: 10.03.2024).
- Türkiye Kültür Rotaları Derneği, 2022. Rotalar. (Web Sitesi: <https://cultureroutesinturkey.com/tr/>) (Erişim Tarihi: 10.11.2022).

Derleme (Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):519-532
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1465366>

Uğur YEGÜL¹ 

Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarım Makinaları ve Teknolojileri
Mühendisliği Bölümü, 06135, Keçiören,
Ankara, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
yegul@ankara.edu.tr

Anahtar sözcükler: Su-enerji-gıda (SEG)
zinciri, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir
kalkınma hedefi, entegre kaynak yönetimi

Keywords: Water-Energy-Food (WEF)
Nexus, sustainability, sustainable
development goal (SDG), integrated
resource management (IRM)

Su-enerji-gıda zinciri kavramına dayalı ulusal politikaların belirlenmesi

Determination of national policies based on the
concept of water-energy-food nexus

Received (Alınış): 05.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 02.08.2024

ÖZ

Gıda fiyatlarındaki artış, doğal kaynaklardaki azalışın göstergesi olarak kabul edilmektedir. Nüfus artışıyla birlikte su, enerji ve gıda gibi doğal kaynaklara yönelik küresel talebin de artacağı tahmin edilmektedir. Son on yıl içerisinde su-enerji-gıda zinciri ortaya çıkmıştır. Su-enerji-gıda zinciri doğal çevre ve insan faaliyetleri arasındaki etkileşimleri sistematik olarak analiz etmek ve sektörler arasında doğal kaynakların daha koordineli bir yönetimi ve kullanımı için kavramsal bir yaklaşım sunmaktadır. Su-enerji-gıda zinciri ile ilgili çalışmalarda en önemli zorluk, sistemin nasıl temsil edileceği ve izleneceğidir. Bu amaçla enerji, tarım-gıda ve su ile ilgili konuları vurgulayan su-enerji-gıda zinciri ile ilgili ülke düzeyinde gösterge değerlerinin oluşturulması ve bunların izlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; ilk olarak su-enerji-gıda zinciri hakkında temel bilgiler verilerek aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Makalenin ikinci bölümünde konuyla ilgili bir çalışmaya yer verilerek ülkemizin durumu değerlendirilmiştir. Son bölümde ise su-enerji-gıda zincirinin özellikleri ve gösterge değerlerinden yararlanılarak Ulusal bazda yapılması gereken çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

The increase in food prices is recognized as an indicator of the decline in natural resources. With population growth, global demand for natural resources such as water, energy and food are projected to increase. The water-energy-food nexus has emerged in the last decade. The water-energy-food nexus provides a conceptual approach for systematically analyzing the interactions between the natural environment and human activities and for a more coordinated management and use of natural resources across sectors. A major challenge in the study of the water-energy-food nexus is how to represent and monitor the system. For this purpose, it is necessary to establish and monitor country-level indicator values related to the water-energy-food nexus, which emphasizes energy, agri-food and water-related issues. In this study, firstly, basic information about the water-energy-food nexus is given and the relationships between them are analyzed. In the second part of the article, a study on the subject is given and the situation of our country is evaluated. In the last part, the characteristics of the water-energy-food nexus and indicator values are utilized, and suggestions are made regarding the studies to be carried out on a national basis.

GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşından sonra başlayan ve 1940'lar ile 70'ler arasında gözlenen "yeşil devrim" olarak bilinen tarımsal teknoloji türü (Carson, 1962), önemli bir tarımsal üretim artışı sağlamakla birlikte çevresel eleştirilere maruz kalmıştır. Yeşil devrimin başarısı; bitki ıslahının geliştirilmesi, yoğun sulama, fazla inorganik gübre kullanımı ve tarımsal üretimden gıda eldesine kadar yoğun enerji kullanımına dayanıyordu. Tarımsal üretimin her aşamasında mekanizasyon uygulamalarından kimyasal gübreler ve ilaçlar, ürün işleme, soğutma, paketlenme ve taşımaya kadar fosil yakıt kullanımının bu başarıya büyük katkısı olmuştur (Pellegrinia & Fernández, 2018).

Yeşil devrimin teknolojik ilerlemelerinin sağladığı mahsul üretimindeki fazlalık, mahsullerin yem olarak kullanılmasına izin vermiş, böylece "hayvancılık devrimi" olarak bilinen bir fenomen olan hayvancılık üretim oranlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu yeni hayvancılık üretim sistemi, mera üretimine alternatif olarak giderek artan bir şekilde kesif hayvan yemi üretimine dayanıyordu (Davis & D'Odorico, 2015; FAOSTAT, 2017). Benzer şekilde, deniz ürünlerine yönelik küresel talep artmış ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinde artan balık ve deniz ürünleri üretimi ile karşılaşmıştır (D'Odorico, 2018).

Bu başarılar yanında, zararlı pestisit kullanımı ve aşırı gübrelemenin neden olduğu toprak yapısında bozulma, ağır makinelerin kullanımına bağlı toprak sıkışması ve erozyon yanında fosil yakıtlara olan güçlü bağımlılık ve atmosferdeki sera gazlarının artışı bu tarım biçiminin sürdürülemez olduğunu ortaya koymaktadır (Pellegrinia & Fernández, 2018).

Küresel tarım-gıda sistemi, insanlığın çevreyi olumsuz yönde değiştirmesinin en kapsamlı yollarından biri haline gelmiştir. Tarlalar ve meralar artık gezegenin buzsuz yüzeyinin yaklaşık %38'ini kaplamaktadır. Erişilebilir suyun yarısından fazlası insan için kullanılmaktadır (Ertuğrul, 2023; Richter, 2014) ve antropojenik tüketilen suyun neredeyse tamamı tarım içindir. Tarımsal mekanizasyonla, yoğun toprak işleme gerçekleşmiş ve toprak oluşumundan daha fazla olan toprak kaybı gerçekleşmiştir. Gübre üretimi, çevredeki reaktif nitrojen (N) miktarını iki katından fazla artırmış ve gıda üretiminde (örneğin, geviş getiren hayvanların sindirimi ve gübre denitrifikasyonu) ve arazi kullanımındaki değişikliklerden (örneğin ormansızlaşma) kaynaklanan sera gazı emisyonları insanlığın sera gazı emisyonlarının %30'unu oluşturmuştur (Tubiello et al., 2013). Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları, 2000 yılından 2010 yılına kadar yıllık olarak %1,1 oranında artmıştır (Tubiello et al., 2013; D'Odorico et al., 2018).

İnsan nüfusu artmaya devam ettikçe, gıda talebi de artmaktadır. Bununla birlikte, artan talebi karşılamak için yeşil devrimin basit bir tekrarı pek olası değildir. Birleşmiş Milletler 2050 yılına kadar 9,7 milyar ve 2100'e kadar 10,9 milyar bir dünya nüfusu öngörmektedir (Gerland et al., 2014; D'Odorico et al., 2018). Sonuç olarak, dünya bugün olduğundan 2,5 milyar daha fazla insanı beslemek zorunda kalacaktır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, artan talebi karşılamak için 2050 yılına kadar mevcut gıda üretiminin yüzde 70 artması gerektiğini tahmin etmektedir (FAO, 2011). Gezegenin sınırları, özellikle sınırlı enerji ve su kaynakları göz önüne alındığında, bu hedefe ulaşmak yüzyılın en büyük zorluklarından biridir. Aynı zamanda, işlenmiş gıda, et, süt ürünleri ve balık için artan talep, gıda tedarik sistemine daha fazla baskı eklemekte ve iklim değişikliğinin artan etkileri başka bir kısıtlama oluşturmaktadır (Godfray, 2010; Anonymous, 2021a).

Su, gıda üretimini etkileyen sınırlayıcı bir faktör olarak hayati öneme sahiptir (Porkka et al., 2017). Bu nedenle, sınırlı su kaynaklarıyla yeterli gıda arzını sağlama yeteneği, ciddi bir endişe haline gelmiştir. Aslında yeni teknolojilerin (örneğin, yeni çeşitler, sulama teknikleri ve suyun yeniden kullanım yöntemleri) gelişmesine rağmen; nüfus artışı ve beslenme düzenindeki değişikliklere bağlı olarak, küresel su kaynakları üzerindeki insan baskısı endişe verici oranlarda artmakta ve yeni endişeler ortaya çıkmaktadır (Carr et al., 2013; Varis et al., 2017).

Su krizinin sıklıkla gözden kaçan bir yönü, önümüzdeki birkaç on yılda su güvenliği tartışmalarına hakim olması beklenen gıda ve enerji endüstrileri arasındaki su kaynakları için ortaya çıkan rekabettir (Rosa et al.,

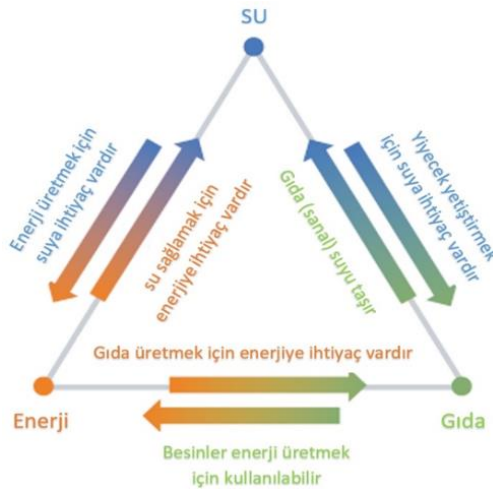
2017, 2018; Scanlon et al., 2017). Yakın zamana kadar, sanayi toplumlarının enerji ihtiyaçlarının çoğu, çıkarılmaları için nispeten düşük su maliyetleri gerektiren geleneksel fosil yakıtların kullanımıyla karşılanmaktaydı. Hidroelektrik gibi yenilenebilir enerjiye ek olarak, yakın gelecekte, daha fazla miktarda su gerektiren petrol kumları, kaya yağı ve kaya gazı gibi geleneksel olmayan fosil yakıt yataklarına artan bir bağımlılık görülecektir (Rosa et al., 2017, 2018). Bunlar, Dünya'daki fosil yakıtların çoğunu oluşturmakta olup, bunların çıkarılması özellikle gıda ve enerji için su kullanımları arasında daha güçlü bir rekabetin ortaya çıkmasının beklendiği, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki su mevcudiyeti ile sınırlı olabilir (Rosa et al., 2018). Yenilenebilir enerji talebindeki artışın, nehir havzalarında sayısız sosyal ve çevresel sonuçlara yol açabilecek baraj gelişimini de önemli ölçüde artırması muhtemeldir; örneğin, yakın zamanda, dünya çapında yaklaşık 3.700 büyük hidroelektrik barajının planlandığını veya yapım aşamasında olduğunu tahmin etmektedirler (Zarfl et al. 2015; 2017). Aynı zamanda, son biyoenerji politikaları (European Union Parliament, 2009), gıda ve enerji kullanımları arasında doğrudan bir rekabetle biyoyakıt endüstrisinin gelişimini teşvik ederek, yenilenebilir enerjiye belirli bir derecede güvenilmesini zorunlu kılmıştır (Hermele, 2014; Ravi et al., 2014; Rulli et al., 2016; D'Odorico et al., 2018).

Su-enerji-gıda zinciri

Enerji, gıda ve su talebi istikrarlı bir şekilde artmakta, ancak bunları üretmek için gereken kaynaklar sınırlı ve çoğu durumda da azalmaktadır.

Enerji, gıda ve su arasındaki karşılıklı bağımlılıklar sayısız ve çok boyutludur. Bunların ilişkisi genellikle enerji, gıda ve su zinciri (bileşenlerin sırası değişebilse de) (Rasul & Sharma, 2016) ya da "su-enerji-gıda zinciri" (SEG) olarak adlandırılmaktadır. Gıda üretiminin tek yolunun tarım olması nedeniyle, zincir içerisinde bazı kaynaklarda gıdaya bazı kaynaklarda da tarıma yer verilmektedir.

SEG zinciri yaklaşımı, enerji, su ve gıda arasındaki dinamik ve karmaşık bağlantıları tanıır. Bu yaklaşımın temelinde, sektörel konular olarak enerji, su ve tarımın birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği inancı yatmaktadır. Her sektör kendi içinde çok yönlü olsa da üç sektör arasındaki bağlantılar, daha da karmaşık olan ilişkileri, zorlukları ve fırsatları ortaya çıkarmaktadır. Örneğin su, yakıt çıkarma, arıtma ve üretim için olduğu kadar elektrik üretimi için de gereklidir. Bu arada, suyu çıkarmak, pompalamak ve iletmek için olduğu kadar içme suyu amaçlı ve atık arıtma için de enerjiye ihtiyaç vardır. Su ve enerji, gıda üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve hazırlanması için temel girdilerdir; bazı biyoyakıtların üretiminde ise gıda ürünleri kullanılır. Tarım ve gıda üretimi, arazi bozulumu, akıştaki değişiklikler ve yeraltı suyu deşarjının bozulması yoluyla su sektörünü etkiler. Şekil 1'de SEG zincirindeki ilişkiler gösterilmektedir (Anonymous, 2017).



Şekil 1. Su-Enerji-Gıda Zinciri (Anonymous, 2017).

Figure 1. Water-Energy-Food Nexus (Anonymous, 2017).

Şekil 1’de verilen SEG zinciri kapsamında bileşenler arasındaki ilişkiler şöyle incelenebilir:

Tarım-su bağlantısı

Tarım, Dünya mevcut tatlı suyunun açık ara en büyük tüketicisidir. Küresel olarak, akarsulardan ve yeraltı suyundan çekilen suyun yüzde 70’i, bölgeler arasında önemli farklılıklar olmakla birlikte, tarımsal üretimde kullanım içindir (Anonymous, 2017).

Gıda talebinin karşılanması, doğrudan veya dolaylı olarak yerel su varlığına bağlıdır. Doğrudan, karasal ekosistemlerde tüm birincil tarımsal üretim yani bitkisel üretim su gerektirmektedir. Dolaylı olarak tüm ikincil, yani hayvansal üretim (balıkçılık hariç) nihayetinde ot, yem vb üretimi için suya gereksinim duyar. Bu nedenle, gıda üretimi ve su mevcudiyeti arasında güçlü bir bağ vardır. Böyle bir bağ, gıda ve su güvenliği tartışmasının merkezinde yer alır. Çünkü;

(1) Dünyanın birçok bölgesinde tarımsal üretim su mevcudiyeti ile sınırlıdır.

(2) Tarımsal ürün verimindeki artış, yüzey ve yeraltı sularından çekilen ve sulama için kullanılan suya bağlıdır.

(3) Genel olarak, bu tür tarımsal su kullanımı, dünya çapında su kaynaklarına insan tarafından el konulmasının herhangi bir biçimini çok aşmaktadır (D’Odorico et al., 2018).

Özellikle tarım-su ilişkilerinin daha iyi izlenebilmesi için ortaya çıkan su ayak izi kavramı bu noktada önemlidir. Tarımda kullanılan suyun ayak izinin izlenebilmesi için sanal su kavramı ortaya atılmıştır. Bu kavram uyarınca tarımsal amaçlı kullanılacak suyun detaylı analizi için mavi, yeşil ve gri su sınıflandırması yapılmıştır. Buna göre, mavi su, göl, nehir ve yeraltı rezerv suyunu; yeşil su, yağış ile toprakta sağlanan, bitkilerin kullanımına hazır suyu ve gri su, kullanılabilir temizlik düzeyine getirilebilen atık suyu tanımlanmaktadır. Bu tanımlama yardımı ile yetiştirilen ürünlerin ticareti ile arka planda bu ürünlerin yetiştirilmesi için harcanan suyun miktarı belirlenebilmekte ve ticaret ile ne kadar suyun da el değiştirdiği tahminlenebilmektedir. Bu sayede karar vericilerin sürdürülebilir kaynak yönetimi için geliştireceği politikaların tutarlılığı artırılabilir (Ertuğrul vd., 2022).

Enerji-su bağlantısı

Yakıt üretimi ve elektrik üretimi, su mevcudiyetine bağlıdır ve su çıkarılması ve dağıtılması da enerji gerektirir (King et al., 2008). Hem su hem de enerji, hızla değişen bir dünyada artan stres altında kalmaya hazır olan sınırlı kaynaklardır. Sanayi toplumlarının ekonomisini “karbondan arındırmak” için uygulanan yeni enerji teknolojileri, su yoğun yakıtlara olan bağımlılığı artırmaktadır (IEA, 2016; Mielke et al., 2010). Enerji üretimi ile su kaynakları arasındaki bağlantıyı her geçen gün daha da şiddetlenmektedir. Örneğin, biyoyakıt üretimi, konsantre güneş enerjisi (CSP) ve karbon yakalama ve depolama, büyük miktarda su gerektiren uygulamalardır. Bu nedenle, su mevcudiyeti mevcut enerji operasyonlarını zorlayabilir ve enerji üretim projelerinin fiziksel, ekonomik ve çevresel uygulanabilirliğini belirleyen bir faktör olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Alexander et al., 2017; Durmuş & Gücüyeter, 2024; D’Odorico et al., 2018).

IEA’nın bir raporuna göre; küresel enerji talebinin 2040 yılına kadar %30 artması öngörülse de (BP, 2017; ExxonMobil, 2017; IEA, 2016), daha gelişmiş su tasarrufu teknolojilerinin benimsenmesi nedeniyle enerji üretimi için su kullanımının artması beklenmemektedir. Ancak nükleer enerjinin, biyoyakıt üretiminin ve geleneksel olmayan fosil yakıtların çıkarılmasının artması, enerji sektöründe su tüketimini %60’tan fazla artıracaktır. Birleşmiş Milletler (BM)’nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden (SKH) biri; her insanın suya erişimini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için atık, tuzlu veya acı suyu arıtmak daha fazla enerji gerekecektir. Önümüzdeki 25 yıl içinde, çoğunlukla tuzdan arındırma projeleri ve büyük ölçekli su transferi nedeniyle, su için enerji kullanımını iki katına çıkaran enerji yoğun su projelerine doğru bir geçiş olacaktır (IEA, 2016; Bakken et al., 2017; D’Odorico et al., 2018).

Tüketim, üretim ve ticaretle bağlantılı olarak su kullanımı, kıtlığı ve kirliliği üzerine giderek artan araştırmalar, su ayak izi değerlendirmesi (WFA) alanının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu alanın temelinde, 2002 yılının başlarında Hoekstra tarafından geliştirilen ve Aralık 2002'de sanal su ticareti (VWT) konulu bir uzman toplantısında, uluslararası bir kitleye tanıtılan su ayak izi (WF) kavramı yer almaktadır (Hoekstra, 2017).

Gıda (Tarım)-enerji bağlantısı

Sanayi devrimiyle, 1950'lerden sonraki "Büyük Hızlanma" döneminde, özellikle fosil yakıta (kömür, petrol ve doğal gaz) dayalı enerji sistemlerinde (Steffen et al., 2007) büyük artışlarlaönemli bir enerji geçişi yaşanmıştır. Yüksek enerjili bir topluma doğru bu geçiş, artan tarımsal üretim (sonraki yeşil devrimden gelen yeniliklerle birlikte) ve artan üretim oranı, ekonomik büyüme, kentleşme ve demografik büyüme de dahil olmak üzere sosyoekonomik değişikliklerle aynı zamana denk gelmiştir (Steffen et al., 2007; Ben-Ari & Makowski, 2014; D'Odorico et al., 2018).

Modern küresel gıda sektörü enerjiye bağımlıdır. Tarımsal yeşil devrimin temelini oluşturan teknoloji ve sanayileşme, tarımsal ürün veriminde muazzam bir iyileşme sağlarken, aynı zamanda tarım ve gıda üretiminin enerji ihtiyaçlarını da artırmıştır. Bugün, küresel gıda sektörünün nihai kullanım enerji talebi, yaklaşık 2.270 milyon ton eşdeğer petrol (mtep/yıl) veya toplam küresel nihai enerji talebinin %32'sidir. Çiftlikten sofraya kadar gıda üretiminin tüm değer zinciri boyunca enerjiye ihtiyaç vardır (Şekil 2) (Anonymous, 2017).

Degirmencioglu et al. (2019) tarımsal üretim için gerekli enerji kalemlerini temel detaylarıyla incelemişler ve sulama suyunun pompalanması ve/veya işlem görmesi için gereken enerji miktarı ile toprak işleme, hasat, gübre üretimi ve taşıma gibi işlemlerde harcanan enerji sarfiyatlarının belirlenmesi ile üretilen ürünlerin toplam enerji sarfiyat bilançolarının ortaya konabileceğini, su ve enerji sarfiyatlarını dikkate alarak üretilebilecek gelecek senaryoları ile sürdürülebilir tarım için gereken optimum kaynak kullanımının sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Tarım ve enerji ilişkisi iki yönlüdür. Tarım için enerji sarfiyatı söz konusu olabildiği gibi üretilen ürünlerin atıklarından enerji üretilebilmesi mümkündür. Tarımsal ürünlerin atıklarından çeşitli yöntemlerle enerji elde edilebilmektedir. Her ürünün literatürde belirlenmiş atık oranları, elde edilebilir atık oranları ve kendine özgü ısı değerleri aracılığı ile enerji üretim potansiyelinin hesaplanabilmesi mümkündür (Ertuğrul et al., 2024).

SEG zinciri gösterge değerleri

Su, enerji ve gıda-tarım (SEG) zinciri ilk olarak 2010 yılında (Wong, 2010) vurgulandı ve 2011'den beri akademik, politika ve kalkınma ile ilgili ortamlarda SEG zincirine büyük önem verildi. Bonn2011 Konferansı (Hoff, 2011) ve Dünya Ekonomik Forumunun "Su Güvenliği" yayınında Su-Gıda-Enerji-İklim Bağlantısından etkili bir şekilde söz edilmektedir. Sonraki çalışmalarda ise SEG zincirinin yalnızca felsefi bir yaklaşım veya çerçeve olmasının aksine, nicel ve işlevsel hale getirilmesi gerektiği belirtildi. Nicel ve nitel SEG Zinciri değerlendirmelerini entegre etme zorunluluğu pek çok kaynaklarda vurgulanmıştır (FAO, 2018; Galaitsi et al., 2018; Allouche et al., 2019; Hoff et al., 2019; Simpson & Jewitt, 2019). SEG zincirini sürdürmenin önemli nedenlerinden biri de BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH2: Açlığa son, SKH6: Temiz su ve sanitasyon, SKH7: Erişilebilir ve temiz enerji, SKH13: İklim eylemi) ulaşmak için önemli bir mekanizma olmasıdır (Nhamo et al., 2020).

SEG zincirinin gerçek bir bağlantı noktası olması için, üç sektörü birlikte değerlendiren, sektörler arası bağlantıların ölçülmesini ve dengesizliklerin görselleştirilmesini sağlayan, kaynakların gelişimini ve kullanımını bütüncül bir şekilde değerlendirebilen bir karar destek aracına ihtiyacı vardır (McGrane et al., 2018; Shannak et al., 2018). Kaynak yönetimini değerlendirmenin bir yolu, bileşik endekslerle ifade edilen sürdürülebilirlik

göstergeleridir (Dizdaroglu, 2017; Farinha et al., 2019). Sürdürülebilirlik göstergeleri, belirli bir mekansal ölçekte kaynakların performansı ve mevcut durumu hakkında (Singh et al., 2012; Bell & Morse, 2018) ve kaynak kullanımının durumunu veya eğilimini ölçmek için yararlanabilecek değerlerdir (Nhamo et al., 2020). Sürdürülebilirlik göstergeleri tek tek kullanılabilir gibi, tüm bireysel gösterge puanları tek bir bileşik endekse entegre edilerek birleştirilebilir (Schernewski et al., 2014). SEG zinciri sürdürülebilirlik göstergeleri, karar vericilere kısa, orta ve uzun vadeli perspektifler açısından SEG kaynaklarının durumunu gösteren önemli bir analitik çerçeve sağlar. SEG zincirinin önemli bileşenleri olarak sürdürülebilirlik göstergeleri, şimdi ve gelecekte insan refahını artırmak için kaynak planlama, yönetim ve teknoloji geliştirmeyi dengelemek için gerekli parametreleri sağlar (Bizikova et al., 2013). Ekolojik, sosyal veya ekonomik sistemlerin performansını gösteren ölçülebilir parametrelerdir (Nhamo et al., 2020).

Simpson ve Arkadaşlarının (2000) uluslararası bir proje kapsamında "Entegre Kaynak Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma için Bir Araç olarak Su-Enerji-Gıda Zinciri Endeksi" konulu çalışmalarında geliştirdikleri SEG bağlantı endeksi kriterlerinin oluşturulmasında AB Ortak Araştırma Merkezi: Bileşik Göstergeler ve Puan Tabloları Yeterlilik Merkezi (JRC: COIN: Joint Research Centre: Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards) tarafından geliştirilen metodoloji kullanılmıştır. JRC: COIN yanı sıra Çevresel Performans Endeksi (Yale Üniversitesi, Columbia Üniversitesi), Küresel Yenilik Endeksi (INSEAD ve Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü), Eşitsizliği Azaltma Taahhüdü Endeksi (Oxfam), Mali Gizlilik Endeksi (Vergi Adalet Ağı), Çok Boyutlu Yoksulluk Belirleme Aracı (BM Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu), Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi (Dünya Ekonomik Forumu) ve Yolsuzluk Algılama Endeksi de dikkate alınarak 170 ülke için su, enerji ve gıdayla ilgili 60'dan fazla gösterge oluşturulmuştur. SEG Bağlantı Endeksi'nin geliştirilmesinde incelenen göstergelerin yanı sıra bunların tanımlarını, kaynağını, veri yeterliliğini, referans yılını ve her bir göstergenin neden var olup olmadığına ilişkin motivasyonu sunan gösterge seçim tablosu, bileşik endekse dahil edilmiştir. JRC: COIN'e göre bileşik göstergenin geliştirilmesindeki bir sonraki aşama, endeksi oluşturacak göstergelerin seçimidir. Göstergeler için kullanılacak veriler; ulusal istatistik ofisleri, devlet daireleri, sivil toplum kuruluşları gibi çeşitli kuruluşlar, Dünya Bankası, Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından toplanmaktadır. Bu veri tabanlarında yapılan küresel bir araştırma, su, enerji ve gıdayla ilgili 87 göstergeden oluşan bir listenin oluşturulmasını sağlamıştır. SEG Bağlantı Endeksini oluşturacak göstergelerin seçimi, paydaş/uzman katılımını kolaylaştırmak için bu proje kapsamında gerçekleştirilen 6 ayrı forumda sunulmuştur. Paydaş/uzman katılımının sonucu, SEG Bağlantı Endeksini oluşturmak için; 170 ülke için hesaplanacak endeks için, yeterli verinin sağlanabileceği 21 göstergeden oluşan bir setin seçilmesi gerçekleşmiştir. SEG Bağlantı Endeksi'nin su, enerji ve gıdayı temsil eden üç eşit sütunu vardır. Bu kaynak sektörlerinin her birinin sırasıyla "Erişim" ve "Kullanılabilirlik" alt sütunları bulunmaktadır (Simpson et al., 2020; Anonymous, 2021b).

Çalışma ile ilgili tüm bilgiler, hesaplama yöntemleri ve alınan veriler online olarak <https://wefnexusindex.org/> web sayfasında tüm ülkeler için yayınlanmaktadır. 2019'da başlayan çalışmada veri eldesine göre; ülke sayılarında değişiklikler olabilmektedir.

SEG Zinciri Endeksini oluşturan 21 gösterge için kullanılan veriler; Dünya Bankası, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayınlanan verilerdir.

Yukarıda açıklanan SEG bileşenlerinden yararlanılarak 184 ülke için SEG-Endeks değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2). Her bir ülke için hesaplanan değerlerin verildiği grafikte ülke isminin yanında SEG-Endeks değerleri 2019-2023 yılları için yer almaktadır.

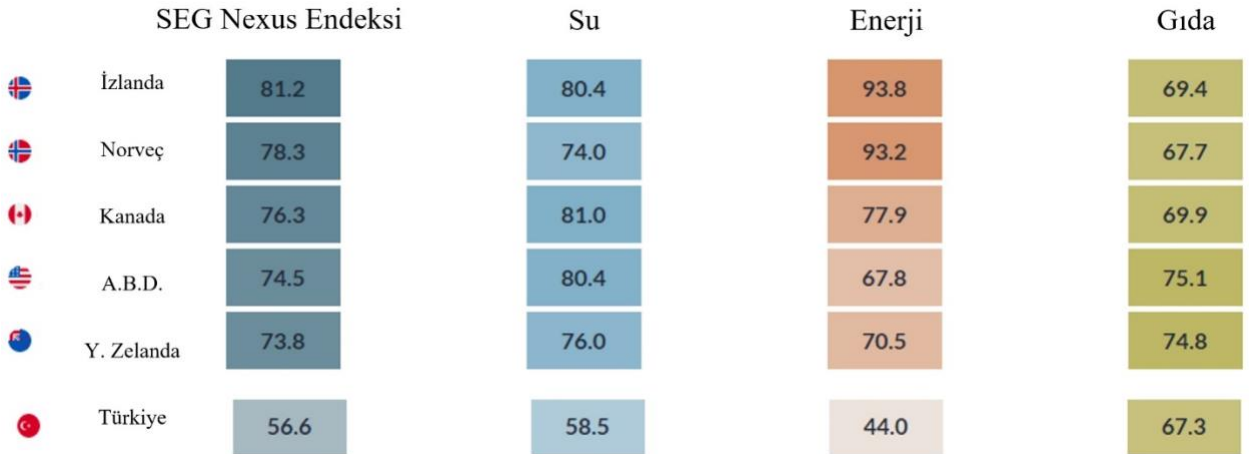


Şekil 2. Çeşitli ülkelerin SEG-Endeks değerleri (Anonymous 2023).

Figure 2. WEF-Index values of various countries (Anonymous 2023).

En yüksek SEG-Endeks değerine sahip olan ülkeler (2023) sırasıyla; İzlanda (81.2), Norveç (78.3), Kanada (76.3), ABD (74.5) ve Yeni Zelanda (73.8) olmuştur. Türkiye ülkeler sıralamasında 56.6 SEG-Endeks puanı ile 90. sırada yer almaktadır.

SEG-Endeks üç sütundan oluşmaktadır. Bunlar; su sütunu, enerji sütunu ve gıda sütunudur. Bu bileşenlerin gösterge değerleri de Şekil 3'te verilmiştir. İlk sırada yer alan İzlanda'nın su göstergesi 80.4, enerji göstergesi 93.8 ve gıda göstergesi 69.4'tür. Türkiye'nin ise; su göstergesi 58.5, enerji göstergesi 44.0 ve gıda göstergesi 67.3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. SEG bileşenlerinin gösterge değerleri (Anonymous 2023).

Figure 3. Indicative values of WEF components (Anonymous 2023).

Su-Enerji-Gıda (SEG) Zinciri Endeksi, küresel olarak mevcut 21 göstergesi bir araya getiren bileşik bir göstergedir. Endeksin üç bileşeninin her biri iki alt sütun içermektedir: Erişim ve Kullanılabilirlik. Bu başlıklar altında da SEG-Endeksi Göstergeleri ve bunların sayısal değerleri yer almaktadır. Türkiye'ye ait SEG-Endeks Göstergeleri ve bunların sayısal değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Türkiye, su endeksinde 58.5 değeri ile 2022 yılındaki 59. sıradan, 2023 yılında 80. sıraya düşmüştür. Enerji değerinde 2022'de 115. sırada olan Türkiye, 44 puanla 116. sıraya gerilemiştir. Gıda endeksinde ise 2022'de 37. sırada iken, 2023'de 67.3 puanla 38. sırada yer almıştır. SEG endeksinde ise 2022'de 75. sırada olan Türkiye, 2023 yılında 56.6 puanla 90. sırada bulunmaktadır.

Simpson ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı çalışma, su, enerji ve tarım-gıda ile ilgili konuları vurgulayan SEG zinciri ile ilgili ülkeler düzeyinde bir bileşik gösterge sağlamaktadır. SEG Zincirini bir mercek olarak kullanarak, entegre kaynak yönetimi açısından 170 farklı ulusun statüsünü tespit etmek için nicel bir araç sağlanmıştır. Aynı zamanda, bir ulusun statüsünü aynı bölgeden benzer düzeyde (yani gelişmiş veya gelişmekte olan) diğer ülkelerle veya bir ulusun belirli bir ülkeye göre değerlendirilmesi yoluyla karşılaştırma fırsatı oluşturmaktadır (Simpson et al., 2020).

2030 SKH hedef yılına giden on yılda SEG Zinciri değerlendirmeleri daha kapsamlı olmalıdır. Nitel çalışmalar nicel değerlendirmelere paralel olarak yürütülmelidir. SEG Zinciri yaklaşımını kullanan entegre kaynak yönetimi için herkese uyan tek bir yöntem yoktur. Bunun yerine, metodoloji her benzersiz durum için uyarlanmalıdır ve SEG Zinciri Endeksi, bu tür çalışmalar için bir katalizör ve giriş noktası olabilir. SKH'lerin bir alt kümesini/bağlantısını değerlendiren endeks, SKH'leri tamamlayıcı niteliktedir. Ancak SKH'lerde olduğu gibi, bu bağlantı çalışması "entegre" göstergelerin eksikliğinden muzdariptir. Bu boşluk gelecekte yeni göstergeler geliştirildikçe giderilebilecektir. (Simpson et al., 2020). D'Odorico et al. (2018)'e göre de küresel SEG sisteminin anlaşılmasında ve yönetiminde bazı büyük boşluklar bulunmaktadır. Daha spesifik olarak, sürdürülebilir SEG çözümlerini gerçek dünya sonuçlarıyla ilişkilendirmeye ve yerel uzmanlar ve paydaşlarla etkileşime giren araştırmalara katılmaya acil bir ihtiyaç vardır.

Çizelge 1. Türkiye için hesaplanan 2023 SEG-Endeks değerleri*

Table 1. 2023 WEF-Index values calculated for Türkiye*

		Gösterge No	Gösterge Değerleri	Gösterge Puanı	Endeks değeri (sıralama)
Su	Erişim	01	Minimum içme suyu hizmetlerinden yararlanan kişiler (%)	97	58.5 (80)
		02	Minimum temel temizlik hizmetlerini kullanan kişiler (%)	78.4	
		03	IWRM (Entegre Su Kaynakları Yönetimi) uygulama derecesi (1-100)	72	
	Kullanılabilirlik	04	Yıllık tatlı su çekimi, toplam (iç kaynakların yüzdesi)	27.1	
		05	Kişi başına düşen yenilenebilir iç tatlı su kaynakları (m3)	2,698	
		06	Çevresel akış gereksinimleri (10 ⁶ m3/yıl)	0.7	
		07	Derinlikteki ortalama yağış (mm/yıl)	593	
Enerji	Erişim	08	Elektriğe erişim (nüfusun yüzdesi)	100	44 (116)
		09	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi)	13.7	
		10	Yenilenebilir elektrik üretimi (toplam elektrik üretiminin yüzdesi)	32	
	Kullanılabilirlik	11	CO2 emisyonları (kişi başına metrik ton)	4.8	
		12	Elektrik güç tüketimi (kWh/kişi).	2,815	
		13	Enerji ithalatı, net (enerji kullanımının yüzdesi)	75.2	
Gıda	Erişim	14	Yetersiz beslenme yaygınlığı (%)	2.5	67.3 (38)
		15	Aşırı zayıflıktan etkilenen 5 yaş altı çocukların yüzdesi (%)	1.7	
		16	Yeterince gelişmemiş 5 yaş altı çocukların yüzdesi (%)	5.5	
		17	Yetişkin popülasyonda (18 yaş ve üstü) obezite yaygınlığı	32.1	
	Kullanılabilirlik	18	Ortalama protein arzı (gram/kişi/gün)	110.7	
		19	Tahıl verimi (kg/hektar).	2,918.5	
		20	Ortalama Diyet Enerji Arz Yeterliliği (ADESA) (%)	159	
		21	Gıda üretiminin ortalama değeri (I\$/kişi).	159	
SEG Zinciri					56.6 (90)

* (<https://www.wefnexusindex.org/TUR> (Anonymous, 2023) adresinden yararlanılarak hazırlanmıştır).

Ulusal Düzenlemeler

Dünya genelinde Nexus Çalışmaları, bilimsel araştırmalar ve projeler olarak gerçekleştirilmektedir. En yoğun çalışmalar Brezilya ve Çin'de, en az araştırma Grönland, Kongo ve İrlanda'da yapılmıştır. İran, Güney Afrika, Suudi Arabistan ve Lübnan gibi su kıtlığı çeken ülkelerde de yoğun araştırmalar yer almaktadır. Asya, Avustralya, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Afrika ve Avrupa dahil olmak üzere farklı bölgelerdeki farklı yaklaşım türlerinin (WEF bağlantı noktası, WEFC bağlantı noktası ve WEFC bağlantı noktası) dağılımı görülmektedir. SEG bağlantısı içerisinde Asya'da gıda sektörüne daha fazla odaklanıldığı, Avrupa'da su ve enerji sektörleri arasındaki etkileşime daha önem verildiği ve Afrika'da iklim bağlantısına etkilerinin daha yoğun araştırıldığı görülmektedir (Kalvani & Celico, 2024).

Sürdürülebilir kalkınma bağlamında gıda güvenliği, sağlıklı su yönetimi ve modern enerji hizmetlerine evrensel erişim temel hedeflerdir. Bu sektörlerdeki politikalar ve uygulamalar sektörler arası koordinasyon olmadan yapılırsa riskler ve belirsizlikler ortaya çıkabilir. Enerji, su ve gıda güvenliğini ayrı ayrı ele alan geleneksel geliştirme çözümleri yetersizdir ve genellikle istenmeyen sonuçlara yol açar.

SEG zincir yaklaşımı, sınırlı kaynaklarımızı sürdürülebilir bir şekilde kullanabilmemiz ve yönetebilmemiz için su, enerji ve tarım-gıda arasındaki karmaşık ve dinamik ilişkileri daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bir sektördeki kararın sadece o sektör üzerinde değil, diğerleri üzerinde de yaratabileceği etkileri düşünmeye zorlar. Potansiyel değişimleri ve sinerjileri öngörerek, farklı sektörlerde uygulanabilir yanıt seçeneklerini tasarlayabilir, değerlendirebilir ve önceliklendirebilir.

SEG Zincir Endeksinin geliştirilmesi, hiçbir ülkede entegre kaynak yönetiminin kusursuz bir şekilde gerçekleşeceğini göstermemektedir. Her ulus sürekli olarak gelişme potansiyeline sahiptir ve endeks değerleri de olumlu ya da olumsuz yönde değişiklik gösterebilecektir. Ne SEG Zincir yaklaşımı ne de Zincir Endeksi küresel toplumun karşı karşıya olduğu tüm önemli kalkınma veya çevresel zorlukları çözecek her derde deva değildir. Bununla birlikte, entegre kaynak yönetimine katkıda bulunabilir ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini tamamlayıcı niteliktedir.

Enerji-tarım-su zinciri kavramına dayalı olarak Ulusal politikaların belirlenmesi amacıyla aşağıda belirtilen konular dikkate alınmalıdır.

- 1. SEG Zinciri veri tabanının oluşturulması:** SEG Zinciri konusunda yapılan çalışmalarda görülmüştür ki; SEG sistemleri ve kaynakların sürdürülebilirliği konusunda sınırlı ve eksik veriler bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle ulusal düzeyde, SEG Zincir bilgi tabanına gereksinim vardır. Bu amaçla SEG Zinciri akıllı altyapıya, çok işlevli ekosistemlere ve yenilikçi teknolojilere ve kurumlara yatırım yapılabilmesi için politikalar geliştirilmeli ve kurumsal destekler sağlanmalıdır. Böylece SEG Zincir anlayışımızı geliştirecek yeni veri kaynakları ve yaratıcı stratejiler oluşturulabilir.
- 2. SEG Zinciri içerisindeki sektörler arası koordinasyonu sağlamak:** Sektörler arası koordinasyon ve entegrasyonla veri tabanının geliştirilmesi, sektörler arasında sinerjiler yaratılması, kaynak kullanım verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması ve enerji-gıda-su yönetiminin entegre edilmesi sağlanacaktır.
- 3. SEG Sistemi ile ilgili ulusal araştırmaların yapılması:** Yapılan küresel çalışmalarda; SEG sisteminin anlaşılması ve yönetiminde önemli boşluklar olduğu bildirilmektedir (D'Odorico et al., 2018). Sürdürülebilir SEG çalışmalarını ulusal düzeyde uygulanmasını sağlayacak yerel uzmanlar ve paydaşlarla etkileşimini sağlayacak araştırmalara gereksinim vardır.
- 4. SEG Zincirinin tüm kalkınma alanlarında dikkate alınması:** SEG zinciri tüm kalkınma problemleri, alt yapı geliştirme ve planlamalarına dahil edilmelidir. Tüm sektörlerin amacı; gelecek nesiller için doğal çevreyi korurken üretimi artırmaya yatırım yapmak olmalıdır. Bu akılda tutularak her sektör için bilgi ve teknoloji paylaşımı, ortak kaynak yönetimi ve SEG zincir tabanlı çözümler üretilmesi sağlanmalıdır.

5. **SEG sistemleri arasındaki faydalı bağlantıların güçlendirilmesi:** Gıda, su ve enerji sistemleri arasındaki doğal bağlantılar, bir sistemin sürdürülebilirliğini iyileştirmeyi hedefleyen bazı stratejilerin, her üç sistemde birden çok amaca hizmet eden sinerjik etkilere sahip olabilmesi açısından fırsatlar da sunabilir. Döngüsel ekonomide atık yakalama ve geri dönüşüm gibi SEG zincirindeki bu faydalı bağlantıların güçlendirilmesi, küresel ölçekte gıda, su ve enerji güvenliğinin esnekliğini artırmak için kritik öneme sahip olacaktır.
6. **SEG Yönetim ve SEG Verimlilik Sistemlerinin geliştirilmesi:** Enerji yönetimi, enerji verimliliği alanında olduğu gibi; su ve gıda alanlarında da yönetim ve verimlilik çalışmaları yapılmalıdır. SEG yönetimi ve SEG verimliliğinin ulusal olarak tüm alanlarda öğretilmesi, benimsenmesi ve kullanılması yönünde yasal düzenlemeler yapılarak teşvik edilmesi ve desteklenmesi sağlanmalıdır.
7. **Sürdürülebilir Tarım:** Tarım, insan gıdasının tek sağlayıcısıdır ve tarımsal üretimin en önemli girdileri de tatlı su ve enerjidir. Sürdürülebilir tarım kavramı, sınırlı doğal kaynakların kullanımını ve zararlı çevresel etkileri en aza indirirken, ürün verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve ekonomik istikrarı sürdürmek arasındaki hassas bir dengeye dayanmaktadır. Dolayısıyla SEG zincirinde tarımsal üretimde, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini de dikkate alarak aşağıda verilen konular dikkate alınmalıdır:
 - Tarımsal üretim için su ve enerjinin verimli kullanımına yönelik teşviklerin düzenlenmesi ve tanıtılması yoluyla su ve enerji yönetimi sağlanmalıdır.
 - Çoğu tarım makinesinin çalıştırılmasında ve gübre, ilaç yapımında, sera gazı emisyonlarına katkıda bulunan ve buna bağlı olarak iklim değişikliğini hızlandıran fosil yakıtlarla çalışılmaktadır. Bu tür çevresel zararlar, ülkemizde potansiyeli yüksek olan güneş, rüzgar, jeotermal ve biyoyakıtlar gibi yenilenebilir kaynakların teşviki ile azaltılabilir. Bu yenilenebilir kaynaklar tarım sektörü için büyük bir potansiyele sahiptir. Çiftçiler sübvansiyonlarla yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanmaya teşvik edilmelidir.
 - Küresel ısınma ve iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektör tarımdır. Bu değişiklikler, yeni teknolojiler ve yeni ürünlerin yetiştirilmesi gibi adaptasyon önlemleri gerektirmektedir.
 - Tarımın iklim değişikliğine katkısı da unutulmamalıdır. Toplam küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık çeyreği tarım kaynaklıdır. Özellikle metan salımına neden olan hayvan dışkıları ile ilgili atık yönetimine önem verilmelidir.

Tarımsal üretimin tüm alanları için hassas tarıma geçilmelidir. Hassas tarım, yeni bilgi teknolojilerinin kullanımı yoluyla tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak için kilit bir ürün yönetim sistemidir. Hassas tarım su ve enerjinin en verimli kullanılabileceği gıda üretim sistemidir.

Arazinin yanlış kullanımı yüzünden ortaya çıkan organik madde kayıpları, toprak kalitesinin düşmesine ve toprak yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, arazi kullanımının uygun şekilde yapılması ve doğru toprak yönetimi, topraktaki organik maddenin artışına ve karbondioksit (CO₂) miktarının azaltılmasına ve toprak kalitesinin iyileştirilmesini sağlayabilmektedir. Uygun bitkiler kullanılarak su kullanımı veriminin artırılması, gübre uygulamalarının optimize edilmesi mümkündür. Ayrıca toprakta bulunan karbon miktarı ormanların alanlarının korunması ile sağlanabilmekte ve atmosferde bulunan CO₂ miktarındaki artış veya azalış ile direk ilişkilidir (Janzen, 2004; Topçu vd., 2022).

SONUÇ

Bu çalışma ile su-enerji-gıda zinciri hakkında temel bilgiler verilerek aralarındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Makalenin ikinci bölümünde konuyla ilgili bir çalışmaya yer verilerek ülkemizin durumu değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde ise su-enerji-gıda zincirinin özellikleri ile birlikte gösterge değerlerinden yararlanılarak Ulusal bazda yapılması gereken çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Dünya 21. Yüzyılda başta su olmak üzere gıda ve enerjiye yönelik sürekli değişen ve artan talepleri karşılamak için büyük bir zorlukla karşı karşıyadır. Giderek artan bu talebin sürdürülebilir bir şekilde nasıl karşılanacağı kesin belirlenmemiş olsa da gelecekte gıdaya katkıda bulunabilecek yaklaşımlar söz konusu olmaktadır. Bu tür yaklaşımlar gıda, su ve enerji konusundaki yeni teknolojiler, çevre ve sağlık eğitimine dayalı kültürel önlemler veya su yönetimi, enerji yönetimi gibi politikalar olabilmektedir.

Yine aynı yaklaşımla su-enerji-gıda zinciri entegre kaynak yönetimini değerlendirmek için önem kazanmıştır. SEG zinciri farklı sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflere ulaşmak için; küresel kaynakların birbiriyle ilişkili doğasını tanımlamak ve ele almak için yararlı bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Böylece, doğal kaynaklarla ilgili daha entegre ve uygun maliyetli planlama, karar verme, uygulama, izleme ve değerlendirme yapılarak sektörler arası sinerji oluşturulabilecektir.

SEG zinciri yaklaşımının temelinde, sektörel konular olarak enerji, su ve tarım-gıdanın birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği inancı yatmaktadır. Her sektör kendi içinde çok yönlü olsa da, üç sektör arasındaki bağlantılar, daha da karmaşık olan ilişkileri, zorlukları ve fırsatları ortaya çıkarmaktadır. Kaynak değerlendirmelerinde ve politika oluşturmada su, enerji ve tarım arasındaki bağlantının dikkate alınmaması, çelişkili stratejilere ve kaynakların verimsiz kullanımına yol açacaktır.

SEG zinciri ile ilgili en önemli zorluk, su, enerji ve gıda ile ilgili parametreleri içeren sistemin karmaşık olması nedeniyle ölçülmesi ve izlenmesindeki zorluktur. SEG zincirinin tek bir gösterge kullanılarak değil, standartlaştırılması ve normalleştirilmesi gereken bir dizi farklı gösterge aracılığıyla ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla pek çok gösterge parametreleri yardımıyla oluşturulan SEG Endeksi, SEG zincirinin nicel bir ölçüsünü sağlayarak karmaşık veri kümesine bir özet ve giriş noktası sağlamaktadır. Böylece çeşitli göstergelerin daha ayrıntılı analizi, araştırmacı, politikacı ve sektörel karar vericilere uygulama ve yatırımlar konusunda ipuçları verecektir.

Ulusal SEG Endeksinin oluşturulabilmesi için ilk aşamada SEG Zinciri içerisindeki sektörler arası koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Böylece, SEG sistemleri arasındaki faydalı bağlantıların güçlendirilmesiyle sinerji oluşturulması sağlanacaktır. Diğer önemli bir konu da SEG ile ilgili ortak ulusal araştırmalar yapılarak SEG Zinciri veri tabanının oluşturulması zorunluluğudur. Son aşamada SEG Yönetim ve SEG Verimlilik Sistemlerinin geliştirilmesiyle SEG zincirinin tüm kalkınma alanlarında dikkate alınması önemli olmaktadır. Yapılan Ulusal bazdaki SEG zinciri çalışmalarına dayalı olarak, ulusal kaynakların (toprak, su, fosil yakıtlar) yönetimi, kendi kendine yeterliliği, hizmet sunumu, tüketimi gibi konularda sürdürülebilir karar verme olanağı sağlayacaktır.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Doç. Dr. Arzu YAZGI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alexander, P., C. Brown, A. Arneith, C. Dias, J. Finnigan, D. Moran & M.D. Rounsevell, 2017. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15 (1): 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Allouche, J., C. Middleton & D. Gyawali, 2019. *The Water-Energy-Food Nexus: Power, Politics, and Justice*. Routledge, London, 150 pp.
- Anonymous, 2017. *The Energy-Water-Food Nexus: Managing Key Resources for Sustainable Development*. Ofi Pamphlet Series 41, Druckerei Odysseus, Himberg, Austria, 100 pp.
- Anonymous, 2021a. *The Energy-Agriculture Nexus*. (Web page: https://energypedia.info/wiki/Introducing_the_Energy-Agriculture_Nexus) (Date accessed: April 2024).
- Anonymous, 2021b. *The wef nexus index*. (Web page: <https://www.wefnexusindex.org/>) (Date accessed: April 2024).
- Anonymous, 2023. *The wef nexus index*. (Web page: <https://www.wefnexusindex.org/turkey>) (Date accessed: April 2024).
- Bakken, T. H., Å. Killingtveit & K. Alfredsen, 2017. The water footprint of hydropower production-state of the art and methodological challenges. *Global Challenges*, 1 (5): 1-8. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600018>
- Bell, S. & S. Morse, 2018. Sustainability indicators past and present: what next? *Sustainability*, 10 (5): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10051688>
- Ben-Ari, T. & D. Makowski, 2014. Decomposing global crop yield variability. *Environmental Research Letters*, 9 (11): 1-10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114011>
- Bizikova, L., D. Roy, D. Swanson, H.D. Venema & M. McCandless, 2013. The water-energy-food security nexus: towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. (Web page: www.iisd.org/system/files/publications/wef_nexus_2013.pdf) (Date accessed: April 2024).
- BP, 2017. *Energy outlook 2017*. (Web page: www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf) (Date accessed: April 2024).
- Carr, J. A., P. D'Odorico, F. Laio & L. Ridolfi, 2013. Recent history and geography of virtual water trade. *PLoS One*, 8 (2): 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055825>
- Carson, R., 1962. *Silent spring*. (Web page: <https://www.bluejayjournal.ca/index.php/bluejay/article/download/2554/2543>) (Date accessed: April 2024).
- D'Odorico, P., K.F. Davis, L. Rosa, J. A. Carr, D. Chiarelli & J. Dell'Angelo, 2018. The global food-energy-water nexus. *Reviews of Geophysics*, 56 (3): 456-531. <https://doi.org/10.1029/2017RG000591>
- Davis, K.F. & P. D'Odorico, 2015. Livestock intensification and the influence of dietary change: a calorie-based assessment of competition for crop production. *Science of the Total Environment*, 538: 817-823. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.126>
- Degirmencioglu, A., R.H. Mohtar, B.T. Daher, G. Ozgunaltay-Ertugrul & O. Ertugrul, 2019. Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin, Turkey: a water, energy, and food nexus approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (4): 2511-2522.
- Dizdaroglu, D., 2017. The role of indicator-based sustainability assessment in policy and the decision-making process: a review and outlook. *Sustainability*, 9 (6): 1-28. <https://doi.org/10.3390/su9061018>
- Durmuş, İ. & İ. Gücüyeter, 2024. Karbon ayak izi ve yeşil organizasyon kavramlarına yönelik bibliyometrik araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 61 (1): 113-124. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1388506>
- Ertuğrul, Ö., 2023. "A Review on The Mechanization Practices for Regenerative Agriculture, 295-309". In: *Advance Concepts on Natural and Agricultural Sciences*. 1st Ed. (Eds. A. Kazankaya & M.A. Ateş), Ankara, Türkiye, 309 pp.
- Ertuğrul, Ö., B. Daher, G. Özgünaltay Ertuğrul & R. Mohtar, 2024. From agricultural waste to energy: assessing the bioenergy potential of south-central texas. *Energies*, 17 (4): 1-16. <https://doi.org/10.3390/en17040802>
- Ertuğrul, Ö., G. Özgünaltay-Ertuğrul & A. Değirmencioglu, 2022. "Su, Enerji ve Gıda Kaynaklarının İlişkisi ve Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri, 171-177". In: *Ziraat ve Su Ürünlerinde Kavramsal ve Olgusal Yaklaşımlar*. 1st ed. (Eds. Y. Banu & M. T. Tolon), Yenişehir, Ankara, 177 pp.

- European Union Parliament, 2009. Directive 2009/28/EC. (Web page: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>) (Date accessed: April 2024).
- ExxonMobil, 2017. The outlook for energy: A view to 2040. (Web page: <http://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/outlook-for-energy/2017/2017-outlook-for-energy.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- FAO, 2011. Energy-smart food for people and climate, Issue paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- FAO, 2018. Water-Energy-Food Nexus for the Review of SDG 7. Food and Agriculture Organization. (Web page: <http://www.fao.org/>) (Date accessed: April 2024).
- FAOSTAT, 2017. Food and Agriculture Organization 2017. FAOSTAT database. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.faostat.org/>) (Date accessed: April 2024).
- Farinha, F., M. J. Oliveira, E. M. Silva, R. Lança, M. D. Pinheiro & C. Miguel, 2019. Selection process of sustainable indicators for the algarve region-observe project. Sustainability, 11 (2): 1-24. <https://doi.org/10.3390/su11020444>
- Galaiti, S., J. Veysey & A. Huber-Lee, 2018. Where is the added value? A review of the waterenergy-food nexus literature. (Web page: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2018/07/review-of-the-water-energy-food-nexus.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Gerland, P., A. E. Raftery, H. Sevčiková, N. Li, D. Gu & T. Spoorenberg, 2014. World population stabilization unlikely this century. Science, 346 (6206): 234-237. <https://doi.org/10.1126/science.1257469>
- Godfray, H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S.M. Thomas & C. Toulmin, 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science, 327 (5967): 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Hermele, K., 2014. The appropriation of Ecological Space. Routledge, New York. 176 pp.
- Hoekstra, A.Y., 2017. Water footprint assessment: evolvment of a new research field. Water Resources Management, 31: 3061-3081. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1618-5>
- Hoff, H., 2011. Understanding the nexus. (Web page: <https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Hoff, H., S.A. Alrahaife, R. El Hajj, K. Lohr, F.E. Mengoub, N. Farajalla, K. Fritzsche, G. Jobbins, G. Özerol, R. Schultz & A. Ulrich, 2019. A nexus approach for the mena region-from concept to knowledge to action. Frontiers in Environmental Science, 7 (48): 1-14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00048>
- IEA, 2016. International Energy Agency. (Web page: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016>) (Date accessed: April 2024).
- Janzen, H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems & Environment. 104 (3): 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.040>.
- Kalvani, S.R. & F. Celico. 2024. Analysis of pros and cons in using the water-energy-food nexus approach to assess resource security: a review. Sustainability, 16 (7): 1-18. <https://doi.org/10.3390/su16072605>
- King, C.W., A.S. Holman & M.E. Webber, 2008. Thirst for energy. Nature Geoscience, 1 (5): 283-286. <https://doi.org/10.1038/ngeo195>
- McGrane, S.J., M. Acuto, F. Artioli, P.Y. Chen, R. Comber, J. Cottee, G. Farr-Wharton, N. Green, A. Helfgott & S. Larcom, J. A. McCann, P. O'Reilly, G. Salmoral, M. Scott, L. C. Todman, T. Van Gevelt & X. Yan, 2018. Scaling the nexus: towards integrated frameworks for analysing water, energy and food. The Geographical Journal, 185 (4), 419-431. <https://doi.org/10.1111/geoj.12256>
- Mielke, E., L.D. Anadon & V. Narayanamurti, 2010. Water consumption of energy resource extraction, processing, and conversion. (Web page: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/ETIP-DP-2010-15-final-4.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Nhamo, L., T. Mabhaudhi, S. Mpandeli, C. Dickens, C. Nhemachena, A. Senzanje, D. Naidoo, S. Liphadzi & A.T. Modi, 2020. An integrative analytical model for the water-energy-food nexus: South Africa case study. Environmental Science and Policy, 109: 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.010>

- Pellegrinia, P. & R.J. Fernández, 2018. Crop intensification, land use, and on-farm energy-use efficiency during the worldwide spread of the green revolution. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115 (10): 2335-2340. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717072115>
- Porkka, M., J.H., Guillaume, S. Siebert, S. Schaphoff & M. Kummu, 2017. The use of food imports to overcome local limits to growth. *Earth's Future*, 5 (4): 393-407. <https://doi.org/10.1002/2016EF000477>
- Rasul, G. & B. Sharma, 2016. The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy*, 16 (6): 682-702. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865>
- Ravi, S., D.B. Lobell & C.B. Field, 2014. Tradeoffs and synergies between biofuel production and large solar infrastructure in deserts. *Environmental Science and Technology*, 48 (5): 3021-3030. <https://doi.org/10.1021/es404950n>
- Richter, B., 2014. *Chasing Water: A Guide For Moving From Scarcity To Sustainability*. Island Press Washington DC, 192 pp.
- Rosa, L., K.F. Davis, M.C. Rulli & P. D'Odorico, 2017. Environmental consequences of oil production from oil sands. *Earth's Future*, 5 (2): 158-170. <https://doi.org/10.1002/2016EF000484>
- Rosa, L., M.C. Rulli, K.F. Davis & P. D'Odorico, 2018. The water-energy nexus of hydraulic fracturing: A global hydrologic analysis for shale oil and gas extraction. *Earth's Future*, 6 (5): 745-756. <https://doi.org/10.1002/2018EF000809>
- Rulli, M.C., D. Bellomi, A. Cazzoli, G. De Carolis & P. D'Odorico, 2016. The water-land-food nexus of first-generation biofuels. *Scientific Reports*, 6: 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep22521>
- Schernewski, G., S. Schönwald & M. Kataržytė, 2014. Application and evaluation of an indicator set to measure and promote sustainable development in coastal areas. *Ocean & Coastal Management*, 101 (Part A): 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.028>
- Shannak, S., D. Mabrey & M. Vittorio, 2018. Moving from theory to practice in the water-energy-food nexus: an evaluation of existing models and frameworks. *Water-Energy Nexus*, 1 (1): 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.04.001>
- Simpson, G. B. & G.P.W. Jewitt, 2019. The water-energy-food nexus in the anthropocene: Moving from 'nexus thinking' to 'nexus action'. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 40: 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.10.007>
- Simpson, G.B., G.P.W. Jewitt, W. Becker, J. Badenhorst, A.R. Neves, P. Rovira & V. Pascual, 2020. the water-energy-food nexus index: a tool for integrated resource management and sustainable development. (Web page: <https://osf.io/preprints/osf/tdhw5>) (Date accessed: April 2024).
- Singh, R.K., H.R. Murty, S.K. Gupta & A.K. Dikshit, 2012. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15: 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Steffen, W., P.J. Crutzen & J.R. McNeill, 2007. The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 36 (8): 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614: TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614: TAAHNO]2.0.CO;2)
- Topçu, P., Ö. Yavuz & A. Tolunay, 2022. Sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak organik karbonunun önemi. *Turkish Journal of Forest Science*, 6 (2): 604-614. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1039785>
- Tubiello, F.N., M. Salvatore, S. Rossi, A. Ferrara, N. Fitton & P. Smith, 2013. The faostat database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015009>
- Varis, O., M. Keskinen & M. Kummu, 2017. Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. *Water Security*, 1: 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002>
- Wong, J.L., 2010. The food-energy-water nexus. (Web page: <https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/issues/2010/07/pdf/haqspring2010final.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Zarfl, B.R., B.L. Ruddell, P.M. Reed, R.I. Hook, C. Zheng, V.C. Tidwell & S. Siebert, 2017. The food-energy-water nexus: Transforming science for society. *Water Resources Research*, 53 (5): 3550-3556. <https://doi.org/10.1002/2017WR020889>
- Zarfl, C., A.E. Lumsdon, J. Berlekamp, L. Tydecks & K. Tockner, 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77 (1): 161-170. <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):401-412
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1425197>

Şakir Burak BÜKÜCÜ^{1*}

Zahide SÜSLÜOĞLU²

Akide ÖZCAN³

Nesibe Ebru KAFKAS⁴

Mehmet SÜTYEMEZ⁵

¹ Department of Plant and Animal Production, Silifke Tasucu Vocational School, Selcuk University, 33900, Silifke, Mersin, Türkiye

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Bingol, 12000, Bingol, Türkiye

³ Department of Organic Farming, Goksun Vocational School, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, 46650, Goksun, Kahramanmaraş, Türkiye

⁴ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Çukurova, 01330, Balcalı, Adana, Türkiye

⁵ Department of Horticulture, Agricultural Faculty, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, 46040, Kahramanmaraş, Türkiye

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

Keywords: DPPH, HS/SPME/GC/MS, total phenol, volatile organic compounds

Anahtar sözcükler: DPPH, HS/SPME/GC/MS, toplam fenol, uçucu organik bileşikler

Determination of chemical composition of some blackthorn genotypes (*Prunus spinosa* L.)

Bazı çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) genotiplerinin kimyasal bileşiminin belirlenmesi

Received (Alınış): 24.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi):06.08.2024

ABSTRACT

Objective: This study aimed to analyze the chemical and functional properties of fruits from five selected *Prunus spinosa* L. genotypes grown in Seydişehir district of Konya province, and determine the differences among the genotypes.

Material and Methods: In the research, fruit properties such as fruit weight, pericarp color, flesh color were determined, while total soluble solids (TSS), pH, titratable acid (TA), total phenol content, antioxidant level and volatile organic compounds were analyzed. PCA analysis was employed to distinguish variations among the genotypes.

Results: Five different blackthorn genotypes were examined for fruit properties, revealing variations. Fruit weight ranged from 1.31 g to 2.67 g. TSS content was determined to be between 11.9% and 13.2%. pH values varied from 3.35 to 4.22, while TA ranged from 0.83% to 1.30%. Total phenol content ranged from 356.92 mg GAE/100 g to 387.56 mg GAE/100 g. Total antioxidant levels were determined to be between 65.13% and 77.06%. Thirty different compounds were detected in the analysis of volatile organic compounds, including seven different acids.

Conclusion: Significant diversity among the blackthorn genotypes has been identified. Statistical analyses have shown that B01T genotype has the highest total phenol content, while B05T genotype has the highest antioxidant level. The presence of various volatile organic compounds in blackthorn indicates the diversity of its chemical profile. The findings support the notion that blackthorn has a beneficial potential for health and is a valuable candidate for the development of health-focused food products.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, Konya iline bağlı Seydişehir ilçesinde yetişen seçilmiş beş *Prunus spinosa* L. genotipinin meyvelerindeki kimyasal ve fonksiyonel özellikleri analiz edilerek genotipler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem: Araştırmada, meyve ağırlığı, perikarp rengi, et rengi gibi meyve özellikleri belirlenmiş, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH, titre edilebilir asitlik, toplam fenol içeriği, antioksidan seviyesi ve uçucu organik bileşikler analiz edilmiştir. PCA analizi genotipler arasındaki varyasyonları ayırt etmek için kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Beş farklı çakal eriği genotipinin meyve özellikleri incelenmiş ve varyasyonları ortaya konmuştur. Meyve ağırlığı 1.31 g-2.67 g arasında değişmiştir. SÇKM %11.9-%13.2 arasında tespit edilmiştir. pH değerleri 3.35-4.22 arasında, titre edilebilir asitlik ise %0.83-%1.30 arasında belirlenmiştir. Toplam fenol içeriği 356.92 mg GAE/100 g ile 387.56 mg GAE/100 g arasında değişmiştir. Toplam antioksidan miktarları %65.13 ile %77.06 arasında belirlenmiştir. Uçucu organik bileşik analizinde otuz farklı bileşik tespit edilmiş, bunlar arasında yedi farklı asit belirlenmiştir.

Sonuç: Çakal eriği genotipleri arasında önemli çeşitlilik tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler, B01T genotipinin en yüksek toplam fenol içeriğine, B05T genotipinin ise en yüksek antioksidan seviyesine sahip olduğunu göstermiştir. Çakal eriğinde çeşitli uçucu organik bileşiklerin bulunması, kimyasal profilinin çeşitliliğini göstermektedir. Bulgular, çakal eriğinin sağlık için faydalı bir potansiyele sahip olduğunu ve sağlıklı odaklı gıda ürünlerinin geliştirilmesinde değerli bir aday olduğunu desteklemiştir.

INTRODUCTION

Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) in temperate climate regions of Asia (Meschini et al., 2017; Owczareka et al., 2017), Europe, West Asia, and Northwest Africa (Elez-Garofulić et al., 2018), can be grown naturally, especially in the Central, North, West and South regions of Türkiye (Marakoğlu et al., 2005). *Prunus spinosa*; 'blackthorn' or 'sloe', which is in the *Rosaceae* family, including fruit species such as almond, cherry, and peach, is called 'Çakal eriği' or 'Güvem' in Türkiye (Karakas et al., 2019). It has been known as one of the ancestors of *Prunus domestica* L., has a chromosome number of $2n=32$ (Aparajita et al., 2002). It blooms white blossoms in March and April. The trees are shrub-like, thorny, densely branched, 1-4 m tall, and deciduous. The leaves are elliptical, 2-3 cm in length, hairy at first and after glabrous. Its flowers consist of 5 petals and 5 sepals and are in hermaphrodite form and pollinated by insects and self-fertilized. After fertilization, the fruits begin to develop and usually ripen very late which may take until late autumn. The fruits of *P. spinosa* are bluish-black in color and very acidic and tannic at the beginning of maturity (Kırca, 2022).

The fruit, flower, bark, and root of *P. spinosa*, which has been consumed since ancient times, are used for medicinal purposes. The blackthorn is also used in the food industry for the production of jams and various beverages (liquor, wine, juice, compote and tea) (Veličković et al., 2014). Sikora et al. (2013) reported that the freeze-drying process of blackthorns did not significantly affect the nutrient and antioxidant content. This allows this species to be frozen and consumed out of season.

Raw blackthorn fruits consist of water ($\cong 68\%$), sugars, acids, astringency substances like tannins and polyphenols, proteins, cellulose, anthocyanins, minerals (K, P, Fe, Cu, Na), provitamin A, vitamins (B1, B2, C, PP) (Leterme et al., 2006; Ruiz-Rodríguez et al., 2014). It is also rich in phenolics and antioxidants (Sikora et al., 2013; Ruiz-Rodríguez et al., 2014; Veličković et al., 2014). The fruits of *P. spinosa* contain many bioactive compounds such as tocopherols (α -tocopherol, β -tocopherol, -tocopherol, and δ -tocopherol), L-ascorbic acid, β -carotene, anthocyanins (cyanidin-3-routine, peonidine-3-routine and cyanidin-3-glycoside) and flavonoids (routine, quercetin, and hyperoside) (Fraternal et al., 2009; Ruiz-Rodríguez et al., 2014; Ayla et al., 2017).

Blackthorn is used in phytotherapy. The flowers, bark and root of blackthorn have been traditionally used in public medicine for their diuretic and laxative properties, due to their ability to remove excess sodium ions, harmful products of metabolism, reduce the permeability of blood vessels, and counteract inflammation of the urinary tract (Elez-Garofulić et al., 2018). Recently, blackthorn has attracted attention both as an industrial food plant due to its rich source of phenolic compounds and as a pharmacological nutraceutical medicinal plant (Kumarasamy et al., 2004, 2007; Pinacho et al., 2015; Yuksel, 2015; Mikulic-Petkovsek et al., 2016; Meschini et al., 2017). It is an antispasmodic and anti-inflammatory agent in the treatment of various coughing diseases, hypertension, regulation of menstruation, diabetes and gastrointestinal disorders. It has an antiseptic effect (due to the presence of tannins) and shows activity against inflammation of the mucosal layer of the digestive tract (Borkowski et al., 1994; Kültür, 2008). *P. spinosa* is used to treat skin problems and soothe stomach cramps (Browics, 1972). Blackthorn is an excellent source of polyphenolic compounds that can significantly reduce the negative effects of free radicals found in fresh fruit extracts in the organism. Therefore, they have an important role in the prevention of neurodegenerative diseases, cardiovascular diseases, and cancer (Burits & Bučar, 2000).

The existing study was carried out on blackthorn genotypes naturally grown in the Seydişehir district of Konya, Türkiye. In the study, the phenolic components, antioxidant capacity, and volatile organic compounds of the blackthorn genotypes were determined and the differences between the genotypes were revealed.

MATERIALS and METHODS

Plant materials and sample preparation

The study utilized fruits sourced from five distinct genotypes of blackthorn (*P. spinosa*), all naturally grown under comparable ecology in Seydişehir, located within the Konya province of Türkiye. The visuals of the fruits of the blackthorn genotypes are presented in Figure 1. The location of the region where the study was conducted is presented in Figure 2. The coordinates and altitude information determined by the genotypes are presented in Table 1.



Figure 1. Visuals of the fruits of the blackthorn genotypes.

Şekil 1. Çakal eriği genotiplerinin meyvelerine ait görseller.

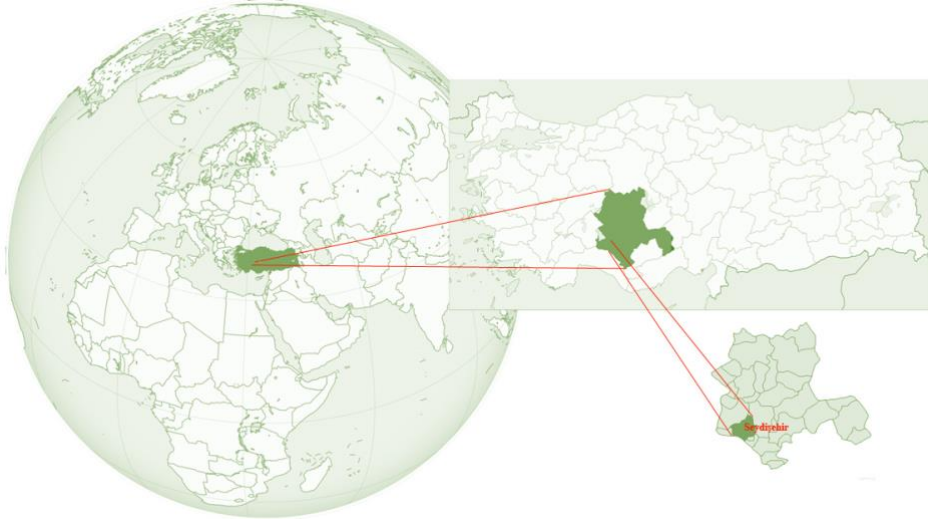


Figure 2. Location of the region from which 5 different blackthorn genotypes were obtained.

Şekil 2. Beş farklı çakal eriği genotipinin elde edildiği bölgenin konumu.

Table 1. The coordinate and altitude information of the blackthorn genotypes

Çizelge 1. Çakal eriği genotiplerinin koordinat ve rakım bilgileri

Genotypes	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
B01T	37°24'53.1"N	31°50'21.7"E	1118
B02T	37°25'04.6"N	31°49'56.3"E	1122
B03T	37°25'00.6"N	31°50'06.0"E	1122
B04T	37°24'56.8"N	31°50'30.8"E	1117
B05T	37°24'53.6"N	31°50'25.0"E	1119

Fruit weight and color

Pericarp and pulp colors belonging to the blackthorn genotypes fruits were determined using Lovibond (TR 300; Amesbury, UK) to categorize color values as a^* (red), b^* (yellow) and L^* (brightness). L^* brightness value, 0 black, 100 white, a^* red, $-a^*$ green; b^* defines yellow and $-b^*$ defines blue. Chroma and hue angle values were calculated from the following equations: $\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ and $\text{Hue} = \tan^{-1} (b/a)$ (McGuire, 1992). Each blackthorn genotype's fruits were individually weighed using a precision scale with an accuracy of 0.01 g, and this process was repeated in five separate replicates, each comprising 20 fruits, to determine mean values.

Phytochemical properties

In each blackthorn genotype, twenty fruit samples were squeezed, and the resulting juices were subjected to centrifugation at 2000 rpm for five minutes. The pH level and total soluble solids content (TSSC) of the juices were determined using a digital refractometer from A. KRÜSS Optronic and a pH scale from HANNA Instruments, respectively. For titratable acid (TA) (%), 6 g of fruit juice underwent titration with 0.1 M NaOH using an Automatic Potentiometric Titrator (AT-510; KEM Kyoto Elect., Tokyo, Japan) until reaching pH 8.2. TA was expressed as a percentage of malic acid.

The total phenolic content in extracts from the blackthorn genotypes was determined using the Folin-Ciocalteu method (Singleton et al., 1999). Each sample (0.5 g, unpeeled) was weighed into 50 mL capped test tubes and homogenized for 30 seconds with 2500 μL of methanol. After homogenization, the samples were centrifuged at 2000 rpm for 5 minutes. Filtrates from the supernatant of each extract (50 μL , in triplicate) were transferred to screw-cap test tubes, followed by the addition of 250 μL of Folin Ciocalteu reagent and 750 μL of sodium carbonate solution (20%). After vortexing the tubes, they were incubated at room temperature in the dark for 2 hours. Subsequently, the UV-VIS spectrophotometer was employed to measure the absorbance of the mixture at 760 nm. The total phenolic content in samples was finally expressed as gallic acid equivalents mg GAE/100g of blackthorn extract.

To assess antioxidant content, a method based on modifications to the technique developed by Hatano et al. (1989) was employed. Each sample, weighing 0.5 g, was placed into a 50 mL capped test tube and homogenized with 2500 μL of methanol for a duration of 30 seconds. Following the homogenization process, the samples underwent centrifugation at 2000 rpm for a period of 5 minutes. Filtrates from the upper phase of each extract (50 μL , in triplicate) were transferred to screw-capped test tubes and mixed with a DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) solution diluted in methanol (1950 μL) to a concentration of 0.2 mM. Following vortexing, the tubes were incubated at room temperature in darkness for thirty minutes until the color changed from dark purple to light yellow. Subsequently, using a UV-VIS spectrophotometer, the absorbance of the mixture was determined at 517 nm. A control solution was prepared by mixing methanol with the DPPH radical reagent solution. The capability to scavenge the DPPH radical was calculated using the following equation:

$$\text{DPPH (\%)} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$

Analysis of volatile organic compounds (VOCs)

Ripe fruit juice samples were transferred into glass tubes for analysis. Volatile organic compounds (VOCs) were extracted using the HS-SPME/GC/MS (Headspace Solid Phase Micro Extraction/Gas Chromatography Mass Spectrometry) technique, where organic substances in the headspace were adsorbed by the syringe. The syringe then desorbed the volatile organics into the injector part of the GC-MS using a polar column. Analysis was conducted for seventy minutes using an Innowax column (30 m x 0.250 mm, 25 microns) in HS-GC/MS (Perkin Elmer) with a polar column. Compounds were identified by correlating peaks detected in the GC with those of reference compounds or mass spectra stored in the computer memory, facilitated by the Wiley and NIST Library Scanning Software (Urek, 2016).

Statistical analysis

The significance of differences between the genotypes was determined with one-way ANOVA, followed by Tukey's HSD test for multiple comparisons. Additionally, Principal Component Analysis (PCA), which illustrates the distances between the blackthorn genotypes on a two-dimensional graph, was conducted using JMP 13 based on the covariance matrix of the coefficients, using the values of volatile organic compounds.

RESULTS AND DISCUSSION

Some fruit properties of the blackthorn genotypes

The fruit weight, pericarp color and pulp color profile results of the genotypes examined in the study are presented in Table 2. The highest mean fruit weight was determined in B03T with 2.67 g and the lowest in B05T with 1.31 g. The L* values in pericarp color measurements in blackthorn genotypes ranged from 18.36 to 19.42. Values expressing the transition from green to red were found between 2.23 and 2.40. The b* values varied between 0.16 and 0.54. Pulp color values of the genotypes examined in the study were also measured. The L*, which expresses the brightness, was measured between 17.65 and 18.91 values. The a* values were found to be between 3.11 and 4.18, and the b* values were found to be between 0.54 and 0.81 for pulp color. Also, the chroma values were calculated between 2.63 and 2.97 for pericarp color, and between 5.16 and 8.90 for pulp color. Claudia et al. (2017) in a study conducted on 15 different blackthorns in Romania, it was reported that the fruit weights of genotypes ranged from 1.10 g to 4.20 g. The fruit weights of the genotypes examined in this study varied among these values. The hue angle value represents true color, which is effective for visualizing the color appearance of fruits (Rojas-Graü et al., 2006). Among the genotypes, the highest hue angle value for pericarp color was determined in B03T and B02T for pulp color (Table 1).

Table 2. Some fruit properties of the blackthorn genotypes

Çizelge 2. Çakal eriği genotiplerinin bazı meyve özellikleri

Genotypes	Fruit weight (g)	Pericarp color					Pulp color				
		L*	a*	b*	Chroma	Hue angle	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
B01T	1.79	19.21	2.34	0.35	2.80	8.51	18.25	3.32	0.75	5.79	12.73
B02T	1.42	19.25	2.39	0.16	2.87	3.83	18.91	3.11	0.81	5.16	14.60
B03T	2.67	18.36	2.23	0.54	2.63	13.61	17.65	3.41	0.72	6.07	11.92
B04T	1.77	19.35	2.40	0.42	2.97	9.93	18.29	4.18	0.58	8.90	7.90
B05T	1.31	19.42	2.38	0.33	2.89	7.89	18.51	3.19	0.54	5.23	9.61

Total soluble solids, pH, titratable acid, total phenols and DPPH of blackthorn genotypes

Total soluble solids (TSS) are used for quality control purposes, especially in the production stages of foods. In fruits, it is a parameter used for processes such as monitoring maturity and harvest time and continuous monitoring of the processing processes of foods such as fruit juice and canned food. TSS values were found between 11.9% and 13.2% in 5 different blackthorn genotypes examined in the study (Table 3).

To determine food quality and reliability, various analyzes are carried out on raw materials and the end of the products. From these analyzes, pH is used to determine acidity, one of the important quality criteria in foods. The pH of the blackthorn genotypes were determined between 3.35 and 4.22 (Table 3). In a study conducted by Kuru Berk et al. (2020), it was reported that the pH of *Prunus spinosa* L. subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin genotypes varied between 3.17-4.13. The results obtained from our study are similar. Titratable acid values of 5 blackthorn genotypes were found to be between 0.83 and 1.30 (Table 3).

The total phenol content examined in the fruits of the blackthorn genotypes was determined by the Folin-Ciocalteu method and results are indicated in Table 3. Experimental results show that the total phenol content in the examined extracts ranges from 356.92 mg GAE/100 g to 387.56 mg GAE/100 g. Veličković et al. (2014) reported that the content of total phenol compounds in fresh blackthorn ranged from 15.33 mg GAE/g to 20.94 mg GAE/g. In another study, they determined that the total phenol content in blackthorn genotypes were 117 mg GAE/100 g and 407 mg GAE/100 g (Erturk et al., 2009).

Leaf and flower extracts of *P. spinosa* are also reported to be rich in phenolics (Wolbiś et al., 2001; Olszewska & Wolbis, 2001, 2002). Lovrić et al. (2017) and Elez-Garofulić et al. (2018) also confirm the phenolic richness in the flowers of blackthorn. In addition, it has been reported that blackthorn fruit extracts have high phenolic content, which is rich in anthocyanins (Popović et al., 2020).

Blackthorn is one of the wild fruit species with high antioxidant levels. In this study, the antioxidant activity of the blackthorn fruit extracts was determined by DPPH method. All tested extracts exhibited potent scavenging activity against DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radicals ranging from 65.13% to 77.06%. Thanks to the antioxidant property of this species, it neutralizes the free radicals formed in the body and has a preventive effect against the damages of free radicals caused by various sources such as external factors and inadequate and unhealthy diet (Baysan, 2021).

Table 3. Total soluble solids, pH, titratable acid, total phenols and DPPH values of the blackthorn genotypes

Çizelge 3. Çakal eriği genotiplerinin suda çözünebilir kuru madde, pH, titre edilebilir asitlik, toplam fenol ve DPPH değerleri

Genotypes	Total soluble solids (%)	pH	Titratable acid (%)	Total phenols content (mg GAE/100 g)	DPPH (%)
B01T	13.2±0.01	3.85±0.12	1.04±0.22	387.56±0.03	72.38±0.13
B02T	12.3±0.03	3.35±0.06	0.83±0.21	375.89±0.16	65.13±0.20
B03T	13.02±0.02	4.22±0.23	0.90±0.13	366.5±0.12	74.34±0.16
B04T	11.9±0.02	4.14±0.19	0.87±0.24	356.92±0.16	77.06±0.21
B05T	12.7±0.03	4.19±0.10	1.30±0.09	373.23±0.11	68.39±0.21

Volatile organic compounds of blackthorn genotypes

Organic compound analyses of the blackthorn genotypes were performed with HS-SPME/GC/MS. According to these results, 30 different compounds were determined in 7 groups as a result of the volatile organic compound analysis. Six compounds from alcohols, 1 compound from terpenes, 6 compounds from aldehydes, 3 compounds from esters, 2 compounds from ketones, 8 compounds from acids and 5 other compounds were identified. Statistically significant differences were found among the genotypes in the identified compounds (Table 4).

Six compounds from the alcohol group, one of the volatile organic compounds, were determined in blackthorn genotypes. These compounds are 1-Octanol, (Z)-Hex-3-en-1-ol, Dihydrocitronellol, α -Terpineol, Linalool, and Nerolidol. In the study, it is the B03T genotype in which 6 alcohol groups were determined among 5 different blackthorn genotypes. Nerolidol alcohol compound was determined in all genotypes (Table 4). This alcohol compound is a sweetening and flavoring agent as an additive in foods. It is also used as a fragrance component in perfumes, cosmetics, soaps and detergents (Chan et al., 2016). Spadaccino et al. (2021), 14 compounds were detected in the alcohol group in blackthorn, and 1-Octanol values were determined to be close to each other.

In the study, only 1-Limonene was detected in B01T and B03T genotypes in the terpene group in the blackthorn genotypes (Table 4). Limonene is a compound commonly found in citrus fruits and is used as an additive to perfumes, soaps, foods, chewing gums and beverages due to its pleasant lemon-like sweet scent (Lappas & Lappas, 2012). In addition, this compound has been used in different treatments with its antibacterial, hepatoprotective, anticancer, gallstone dissolving and stomach acid-neutralizing effects (Argon et al., 2019; Kvittingen et al., 2021).

Six aldehydes were determined from volatile organic compounds. They are 2-Octenal, 2-Decenal, (E)-, 2-Dodecenal, (E)-, 2-Heptenal, (Z)-, Hexanal and Nonanal. There are many studies on the use of detected Hexanal to extend the shelf life of fresh fruits and meats (Shahidi & Pegg, 1994; Lanciotti et al., 1999; Brunton et al., 2000; Sharma et al., 2010). In a study, it was determined that the Hexanal content of blackthorn fruits was close to our study (Spadaccino et al., 2021). It was determined that the genotype richest in aldehyde content was B02T (Table 4).

In the genotypes examined in the study, 2-Butenedioic acid (Z)-, dibutyl ester, Neryl butyrate, Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester were determined within the ester group. The genotype with the highest ester component was determined as B03T (Table 4).

Two ketone group compounds (2-Propanone, 1-hydroxy- and Nonyl methyl ketone) were detected in 5 different blackthorn genotypes used in the study. B03T is the genotype with the highest values among the 5 genotypes in terms of 2-Propanone, 1-hydroxy- and Nonyl methyl ketone content. Values and statistical differences of other genotypes are presented in Table 4. Mikulic Petkovsek et al. (2016) reported some wild *Prunus* species the total amount of acid in the fruits of *P. spinosa* was higher than that of *P. avium*, *P. mahaleb* and *P. padus*. In this research, Decanoic acid, Undecanoic acid, Dodecanoic acid, Heptanoic acid, Hexanoic acid, Octanoic acid, Nonanoic acid and Tetradecanoic acid were determined in blackthorn genotypes. The synonym of Nonanoic acid is Pelargonic acid. This acid was determined in high amounts in all blackthorn genotypes. Ammonium pelargonate, the ammonium salt of Pelargonic acid, is a herbicide (Chitwood, 2002). Among the genotypes, the highest total acid value was determined in B05T, while the lowest was determined in B03T. Statistically significant differences were observed among the genotypes concerning acid compounds (Table 4).

Table 4. Retention times and volatile organic compounds of the blackthorn genotypes

Çizelge 4. Çakal eriği genotiplerinin retansiyon süreleri ve uçucu organik bileşikleri

R. time	Alcohols			B01T	B02T	B03T	B04T	B05T
	Compound Name	Syn	Molecular Formula					
29.008	1-Octanol	Octanol	C ₈ H ₁₈ O	0.42±0.04 ^c	nd	5.46±0.27 ^b	7.34±0.17 ^a	nd
14.749	(Z)-Hex-3-en-1-ol	Leaf alcohol	C ₆ H ₁₂ O	nd	1.68±0.13 ^a	1.54±0.09 ^a	nd	0.84±0.08 ^b
25.276	Dihydrocitronellol	Tetrahydrogeraniol	C ₁₀ H ₂₂ O	nd	nd	2.85±0.20 ^a	2.73±0.09 ^a	nd
22.878	α-Terpineol	Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	1.10±0.06 ^b	nd	2.17±0.22 ^a	0.73±0.12 ^c	nd
19.150	Linalool	Phantol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.34±0.11 ^c	0.72±0.14 ^b	2.45±0.17 ^a	nd	nd
35.821	Nerolidol	Peruvicol	C ₁₅ H ₂₆ O	1.45±0.17 ^a	0.51±0.05 ^c	0.93±0.10 ^b	0.47±0.09 ^c	0.73±0.06 ^{bc}
Total Alcohols				3.31±0.19	2.91±0.21	15.4±0.42	11.27±0.46	1.57±0.14
Terpen								
8.955	l-Limonene	S- (-)-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.37±0.05 ^b	nd	0.78±0.06 ^a	nd	nd
Total Terpen				0.37±0.05	nd	0.78±0.06	nd	nd
Aldehydes								
15.893	2-Octenal	(E)-Oct-2-enal	C ₈ H ₁₄ O	1.24±0.12 ^c	2.64±0.25 ^b	3.16±0.20 ^b	5.13±0.28 ^a	1.26±0.11 ^c
21.534	2-Decenal, (E)-	Decenal	C ₁₀ H ₁₈ O	0.69±0.15 ^b	6.72±0.27 ^a	1.02±0.09 ^b	0.67±0.14 ^b	0.81±0.11 ^b
24.155	2-Dodecenal, (E)-	2-dodecenal	C ₁₂ H ₂₂ O	0.40±0.05 ^{cd}	4.80±0.37 ^a	0.81±0.20 ^c	1.49±0.17 ^b	nd
12.951	2-Heptenal, (Z)-	(Z)-2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	0.55±0.13 ^c	1.57±0.24 ^b	4.16±0.25 ^a	nd	0.34±0.08 ^c
6.369	Hexanal	Caproaldehyde	C ₆ H ₁₂ O	4.74±0.41 ^a	2.96±0.29 ^b	2.19±0.19 ^c	1.53±0.16 ^{cd}	1.35±0.11 ^d
14.885	Nonanal	Pelargonaldehyde	C ₉ H ₁₈ O	0.68±0.18 ^c	4.09±0.30 ^a	nd	1.21±0.15 ^b	0.99±0.16 ^{bc}
Total Aldehydes				8.30±0.59	22.78±1.26	11.34±0.81	10.03±0.78	4.75±0.11

Table 4. Continued

Çizelge 4. Devamı

R. time	Esters			B01T	B02T	B03T	B04T	B05T
	Compound Name	Syn	Molecular Formula					
31.708	2-Butenedioic acid (Z)-, dibutyl ester	Dibutyl maleate	C ₁₂ H ₂₀ O ₄	0.35±0.07 ^d	nd	4.32±0.32 ^c	18.15±0.76 ^a	13.26±0.41 ^b
35.119	Neryl butyrate	Neryl butanoate	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	nd	nd	1.92±0.31 ^a	2.39±0.20 ^a	0.50±0.14 ^b
26.847	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-, 2,4,4-trimethylpentyl ester	2,4,4-Trimethyl-1,3-pentandiol 1-isobutyrate	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	3.55±0.47 ^d	13.6±0.38 ^c	34.55±2.93 ^a	26.46±1.54 ^b	nd
Total Esters				3.90±0.54	13.6±0.38	40.79±2.98	47.00±2.10	13.76±0.48
Ketons								
12.730	2-Propanone, 1-hydroxy-	Hydroxyacetone	C ₃ H ₆ O ₂	2.01±0.28 ^b	0.81±0.10 ^c	2.86±0.18 ^a	1.00±0.10 ^c	2.34±0.32 ^{ab}
28.012	Nonyl methyl ketone	2-Undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	1.62±0.27 ^b	0.45±0.10 ^c	2.76±0.26 ^a	2.63±0.25 ^a	nd
Total Ketons				3.63±0.29	1.26±0.19	5.62±0.17	3.63±0.31	2.34±0.32
Acids								
35.361	Decanoic acid	Capric acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	3.32±0.35 ^c	5.32±0.57 ^a	3.64±0.30 ^{bc}	2.69±0.36 ^{bc}	4.03±0.25 ^b
37.965	Undecanoic acid	Hendecanoic acid	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	7.04±0.19 ^a	1.65±0.12 ^b	nd	nd	nd
41.336	Dodecanoic acid	Lauric acid	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	15.14±0.70 ^a	5.45±0.15 ^b	2.02±0.20 ^c	1.81±0.12 ^c	1.23±0.28 ^c
28.884	Heptanoic acid	Enanthic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.81±0.16 ^b	0.68±0.15 ^b	nd	0.88±0.11 ^b	1.30±0.24 ^a
26.554	Hexanoic acid	Caproic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.42±0.18 ^d	3.01±0.24 ^b	2.58±0.38 ^{bc}	4.54±0.39 ^a	2.07±0.16 ^{cd}
31.114	Octanoic acid	Caprylic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	6.35±0.29 ^c	8.53±0.48 ^b	2.86±0.32 ^a	4.17±0.22 ^d	12.74±0.73 ^a
33.236	Nonanoic acid	Pelargonic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	31.49±1.09 ^b	30.54±1.23 ^b	13.04±0.19 ^c	11.71±0.58 ^c	45.04±2.54 ^a
51.846	Tetradecanoic acid	Myristic Acid	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.77±0.15 ^a	0.83±0.17 ^a	nd	nd	nd
Total acids				66.34±2.32	56.01±2.09	24.14±0.79	25.8±0.99	66.41±2.61
Other Compounds								
1.492	Methane, tetranitro-	Tetranitromethane	CN ₄ O ₈	0.93±0.22 ^b	nd	1.00±0.15 ^b	nd	10.14±0.18 ^a
29.314	Morpholine, 4-octadecyl-	4-Octadecylmorpholine	C ₂₂ H ₄₅ NO	8.19±0.78 ^a	3.46±0.21 ^b	0.93±0.19 ^c	1.15±0.09 ^c	1.04±0.12 ^c
20.279	Hexadecane	Cetane	C ₁₆ H ₃₄	0.52±0.13 ^a	nd	nd	nd	nd
1.490	L-Alanine ethylamide, (S)-	Alanine ethylamide	C ₅ H ₁₂ N ₂ O	4.51±0.38 ^a	nd	nd	nd	nd
24.024	Octane, 1,1'-oxybis-	Diocetyl ether	C ₁₆ H ₃₄ O	nd	nd	nd	1.12±0.11 ^a	nd
Total Other Compounds				14.15±0.66	3.46±0.21	1.93±0.32	2.27±0.17	11.18±0.27

nd; not detected.

^{a,b,c,d}; data with different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Some other compounds were also detected in the blackthorn genotypes used in the study. These are Methane, tetranitro-, Morpholine, 4-octadecyl-, Hexadecane, 1-Alanine ethylamide, (S)-, Octane, 1,1'-oxybis-. Data for these compounds and statistical differences between the genotypes are presented in Table 4. Also, the sum of the peak areas obtained by HS-SPME-GC-MS samples of 5 *P. spinosa* genotypes is presented in Figure 3.

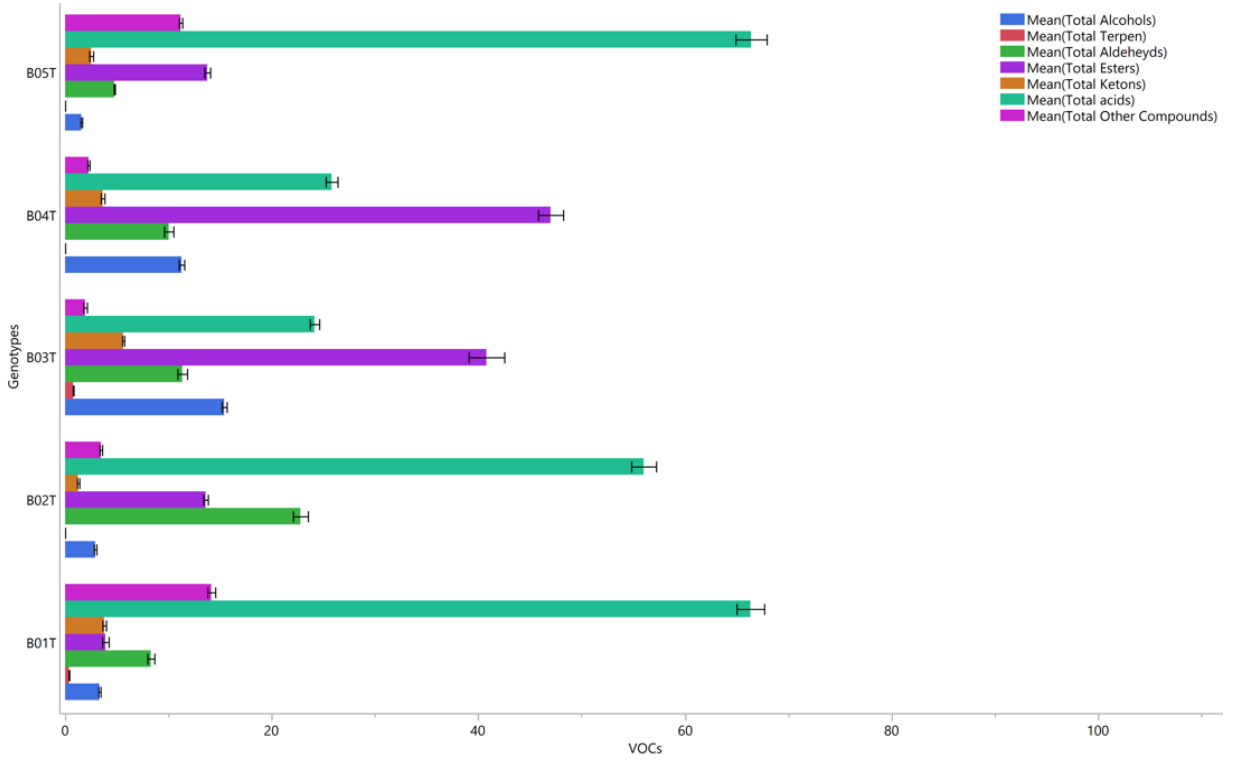


Figure 3. Sum of the peak areas obtained by HS-SPME-GC-MS samples of the *P. spinosa* genotypes.

Şekil 3. *P. spinosa* genotiplerinin HS-SPME-GC-MS örneklerinden elde edilen pik alanlarının toplamı.

A Principal Component Analysis (PCA) was performed, which reduces the multidimensional nature of the data and provides a two-dimensional map for both genotypes and VOCs to explain the observed variance. PC1 explained 26.8% of the total variation, while PC2 explained 39.0%. These two components explain a large proportion of 65.8% of all variation. The score plot clearly showed the differences between the genotypes. While B02T and B05T were in the same cluster, other genotypes (B01T, B03T and B04T) were diversified (Figure 4). As can be seen in Figure 4, all chemical components are separated from each other.

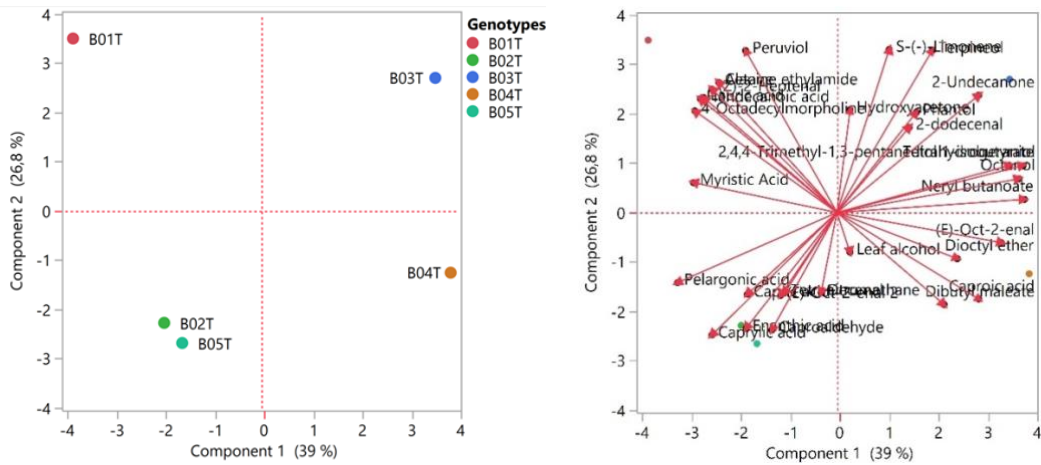


Figure 4. Score plot of principal component analysis of VOCs analyzed in different genotypes of *P. spinosa* and chemical classes.

Şekil 4. *P. spinosa* 'nin farklı genotiplerinde analiz edilen Uçucu organik bileşiklerin PCA analizi skor grafiği ve kimyasal sınıfları.

CONCLUSION

In this study, some fruit traits, total soluble solids, pH, titratable acid, total phenol and DPPH analyses were performed on the blackthorn genotypes grown naturally in the Seydişehir district of Konya province of Türkiye. As a result of the findings, it was revealed that there were differences among the genotypes. B03T, with an average fruit weight of 2.67 g, exhibited significantly higher fruit weight compared to other genotypes. Among the genotypes, B01T stood out for its total soluble solids, B01T for total phenolic content and B04T for antioxidant content. Based on the values of volatile organic compounds, PCA analysis revealed that genotypes B02T and B05T were closely associated with each other while other genotypes were distinctly separated from these two.

In conclusion, detailed information was obtained through volatile organic analyses on five different blackthorn genotypes. It was determined that the contribution of acids was high in all essential oils in the blackthorn genotypes. VOC components detected in the study; it is used in the development of functional components in food (flavor and sweetener), cosmetics, cleaning products, pharmacy and agriculture (plant growth regulator, herbicide). The findings also provide important contributions to obtaining deeper information about the chemical structure of *P. spinosa* and understanding the differences among the genotypes.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: ŞBB, ZS, AÖ, NEK, MS; sample collection: ŞBB, ZS, AÖ; analysis and interpretation of data: ŞBB, ZS, AÖ; statistical analysis: ŞBB, ZS, AÖ; visualization: ŞBB, ZS, AÖ; writing manuscript: ŞBB, ZS, AÖ, NEK, MS.

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. Emrah ZEYBEKOĞLU.

REFERENCES

- Aparajita, M., M. Juan Pedro & A. Itziar, 2002. Population genetic analysis of European *Prunus spinosa* (Rosaceae) using chloroplast DNA markers. *American Journal of Botany*, 89: 1223-1228.
- Argon, Z.Ü., N. İlhan, A. Gökyer, S.B. Öztürk & B. Koparal, 2019. Phytochemical evaluation of *Morus alba* seeds and cold pressed oil. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 6 (1): 41-50.
- Ayla, Ş., M.Y. Günal, A.A. Sayın Şakul, Ö. Biçeroğlu, E.M. Özdemir, M.E. Okur, D.Ç. Polat, N. Üstündağ Okur & B.E. Bilgiç, 2017. Effects of *Prunus spinosa* L. fruits on experimental wound healing. *Medeniyet Medical Journal*, 32: 152-158.
- Baysan, E.V., 2021. Optimization of Phenolics Substance and Antioxidant Activities, in The Extraction from *Prunus spinosa* L. Fruits by Response Surface Methodology. Health Science Institute, Bezmialem Vakıf University, (Unpublished) MSc Thesis, İstanbul, Türkiye, 80 pp.

- Borkowski, B., J. Lutomski, E. Skrzydlewska & B. Zygmunt, 1994. Rosliny lecznicze w fitoterapii, IRiPZ, Poznan, 470-471.
- Browics, K., 1972. "Prunus, 8-12". In: Flora of Turkey and East Aegean Islands. (Eds. P.H. Davis, J. Cullen & M.J.E. Coode Davis), University Press, Edinburgh, 568 pp.
- Brunton, N.P., D.A. Cronin, F.J. Monahan & R. Durcan, 2000. A comparison of solid-phase microextraction (SPME) fibres for measurement of hexanal and pentanal in cooked turkey. *Food Chemistry*, 68 (3): 339-345.
- Burits, M. & F. Bučar, 2000. Antioxidative activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14: 323-328.
- Chan, W.K., L.T.H. Tan, K.G. Chan, L.H. Lee & B.H. Goh, 2016. Nerolidol: A sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities. *Molecules*, 21 (5): 529.
- Chitwood, D.J., 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology. Annual Reviews*, 40 (1): 221-249.
- Claudia, G.C.F., I.M. Elena & C.S. Niculina, 2017. Some fruit characteristics of blackthorn (*Prunus spinosa* L.). *Annals of The University of Craiova*, Vol. 22 (58): 129-136.
- Elez-Garofulić, I., Z. Zorić, S. Pedisić, M. Brnčić & V. Dragović Uzelac, 2018. UPLC-MS2 profiling of blackthorn flower polyphenols isolated by ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Science*, 83 (11): 2782–2789.
- Erturk, Y., S. Ercisli & M. Tosun, 2009. Physico-chemical characteristics of wild plum fruits (*Prunus spinosa* L.). *International Journal of Plant Production*, 3 (3): 89-92.
- Fraternale, D., L. Giamperi, A. Bucchini, P. Sestili, M. Paolillo & D. Ricci, 2009. *Prunus spinosa* fresh fruit juice: Antioxidant activity in cell-free and cellular systems. *Natural Product Communications*, 4: 1665-1670.
- Hatano, T., R. Edamatsu, A. Mori, Y. Fujita, T. Yasuhara, T. Yoshida & T. Okuda, 1989. Effects of the interaction of tannins with co-existing substances. VI. effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1,1-diphenyl-picrylhydrazyl radical *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 37: 2016-2021.
- Karakas, N., M.E. Okur, I. Ozturk, S. Ayla, A.E. Karadag & D.Ç. Polat, 2019. Antioxidant activity of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) fruit extract and cytotoxic effects on various cancer cell lines. *Medeniyet Medical Journal*, 34 (3): 297.
- Kırca, L., 2022. Usability of Blackthorn (*Prunus spinosa*) and Some Almond (*Prunus amygdalus*) Rootstocks as Rootstock for Late Flowering Almond Cultivars. Bolu Abant İzzet Baysal University, Institute of Graduate Education, (Unpublished) PhD Thesis Bolu, Türkiye, 121 pp.
- Kumarasamy, Y., M. Byres, P.J. Cox, M. Jaspars, L. Nahar & S.D. Sarker, 2007. Screening seeds of some scottish plants for free radical scavenging activity. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21 (7): 615-621.
- Kumarasamy, Y., P.J. Cox, M. Jaspars, L. Nahar & S.D. Sarker, 2004. Comparative studies on biological activities of *Prunus padus* and *P. spinosa*. *Fitoterapia*, 75 (1): 77-80.
- Kuru Berk, S., A. Tas, E. Orman, M. Gundogdu, T. Necas, I. Ondrasek, N. Karatas & S. Ercisli, 2020. Agromorphological and biochemical characterization of wild *Prunus spinosa* L. Subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin genotypes naturally grown in Western Black Sea region of Turkey. *Agronomy*, 10 (11): 1748.
- Kültür, Ş., 2008. An ethnobotanical study of Kırklareli (Turkey). *Phytologia Balcanica*, 14: 279-89.
- Kvittingen, L., B.J. Sjørnes & R. Schmid, 2021. Limonene in citrus: A string of unchecked literature citations?. *Journal of Chemical Education*, 98 (11): 3600-3607.
- Lanciotti, R., M.R. Corbo, F. Gardini, M. Sinigaglia & M.E. Guerzoni, 1999. Effect of hexanal on the shelf life of fresh apple slices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (11): 4769-4776.
- Lappas, C.M. & N.T. Lappas, 2012. D-Limonene modulates T lymphocyte activity and viability. *Cellular Immunology*, 279 (1): 30-41.
- Leterme, P., A. Bulden, F. Estrada & A.M. Londoño, 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and The Rain Forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95: 644-652.
- Lovrić, V., P. Putnik, D.B. Kovačević, M. Jukić & V. Dragović-Uzelac, 2017. Effect of microwave-assisted extraction on the phenolic compounds and antioxidant capacity of blackthorn flowers. *Food Technology and Biotechnology*, 55 (2): 243–250.

- Marakoğlu, T., D. Arslan, M. Özcan & H. Haciseferoğulları, 2005. Proximate composition and technological properties of fresh blackthorn (*Prunus spinosa* L. subsp dasyphylla (Schur.)) fruits. *Journal of Food Engineering*, 68 (2): 137-142.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective colour measurement. *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- Meschini, S., E. Pellegrini, M. Condello, G. Occhionero, S. Delfino, G. Condello & F. Mastrodonato, 2017. Cytotoxic and apoptotic activities of *Prunus spinosa* trigno ecotype extract on human cancer cells. *Molecules*, 22 (9): 1578.
- Mikulic-Petkovsek, M., F. Stampar, R. Veberic & H. Sircelj, 2016. Wild *Prunus* fruit species as a rich source of bioactive compounds. *Journal of Food Science*, 81 (8): 1928-1937.
- Olszewska, M. & M. Wolbiś, 2001. Flavonoids from the flowers of *Prunus spinosa* L.. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58 (5): 367-372.
- Olszewska, M. & M. Wolbiś, 2002. Further flavonoids from the flowers of *Prunus spinosa* L.. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 59 (2): 133-137.
- Owczareka, A., A. Magiera, M. Matczaka, G. Dorota, M. Piotrowska, A. Olszewska & A. Marchelaka, 2017. Optimisation of preparative HPLC separation of four isomeric kaempferol glycosides from *Prunus spinosa* L. by application of the response surface methodology. *Phytochemistry Letters*, 20: 415-424.
- Pinacho, R., R. Caverio, I. Astiasarán, D. Ansorena & M. Calvo, 2015. Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and Influence of *in vitro* digestion on their antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 19: 49-62.
- Popović, B.M., B. Blagojević, R.Ž., Pavlović, N. Mičić, S. Bijelić, B. Bogdanović, A. Mišan, C.M.M Duarte & A.T. Serra, 2020. Comparison between polyphenol profile and bioactive response in blackthorn (*Prunus spinosa* L.) genotypes from North Serbia-from raw data to PCA analysis. *Food Chemistry*, 302: 125373.
- Rojas-Graü, M.A., A. Sobrino-López, M. Soledad Tapia & O. Martín-Belloso, 2006. Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *Journal of Food Science*, 71 (1): 59-65.
- Ruiz-Rodríguez, B.M., B. de Ancos, C. Sánchez-Moreno, V. Fernández-Ruiz, M. de Cortes Sánchez-Mata, M. Cámara & J. Tardío, 2014. Wild blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) fruits as valuable sources of antioxidants. *Fruits*, 69: 61-73.
- Shahidi, F. & R.B. Pegg, 1994. Hexanal as an indicator of meat flavor deterioration. *Journal of Food Lipids*, 1 (3): 177-186.
- Sharma, M., J.K. Jacob, J. Subramanian & G. Paliyath, 2010. Hexanal and 1-MCP treatments for enhancing the shelf life and quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 125 (3): 239-247.
- Sikora, E., M.I. Bieniek & B. Borczak, 2013. Composition and antioxidant properties of fresh and frozen stored blackthorn fruits (*Prunus spinosa* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12 (4): 365-72.
- Singleton, V.L., R. Orthofer & R.M. Lamuela-Raventos, 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Spadaccino, G., L. Frabboni, F. Petrucci, G. Disciglio, A. Mentana, D. Nardiello & M. Quinto, 2021. Essential oil characterization of *Prunus spinosa* L., *Salvia officinalis* L., *Eucalyptus globulus* L., *Melissa officinalis* L. and *Mentha x piperita* L. by a volatilomic approach. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 202: 114167.
- Urek, U., 2016. Characterization of Some of the Fruit Quality Characteristics on apple "Kaşel-41 X Williams Pride" F1 Population by Using Chromatography Techniques. Institute of Natural and Applied Sciences, Çukurova University, (Unpublished) MSc Thesis ,Adana, Türkiye, 106 s.
- Veličković, J.M., D.A. Kostić, G.S. Stojanović, S.S. Mitić, M.N. Mitić, S.S. Randelović & A.S. Đorđević, 2014. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activity of the extracts from *Prunus spinosa* L. fruit. *Hemijaska industrija*, 68 (3): 297-303.
- Wolbiś, M., M. Olszewska & W.J. Wesolowski, 2001. Triterpenes and sterols in the flowers and leaves of *Prunus spinosa* L. (*Rosaceae*). *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58 (6): 459-462.
- Yüksel, A.K., 2015. The effects of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) addition on certain quality characteristics of ice cream. *Journal of Food Quality*, 38 (6): 413-421.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):413-425
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1435516>

Ikenna Charles UKWUABA¹

Chukuwuemeka John ARENE¹

Chiedozie Benjamin OKPUKPARA^{1*}

¹ University of Nigeria, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 410001, Nigeria, Nsukka, Nigeria

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

benjamin.okpukpara@unn.edu.ng

Smallholder commercialization: What drives the household welfare of smallholder rice farmers?

Küçük ölçekli ticarileştirme: Küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin hane refahını neler etkiliyor?

Received (Alınış): 12.02.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 10.09.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate the socio-economic and institutional determinants of smallholder rice farmers' household welfare in Nigeria, one of the countries with extreme cases of multidimensional poverty in the world.

Material and Methods: Multistage sampling techniques were used in the selection of 288 smallholder rice farmers. Primary data was collected from the respondents with a semi-structured questionnaire. The market participation index and ordinary least square regression were the models used to realize the objectives.

Results: It was revealed that the smallholder rice farmers were semi-commercialized with a market participation index of 0.73. The educational level of the household head, household size, access to fertilizer, rice output, the quantity of rice sold, cooperative membership and distance to an established market were identified as the key drivers of smallholder rice farmers' welfare.

Conclusion: Engagement in the output market impacted positively on the farm income and per capita consumption expenditure, especially among educated smallholder rice farmers who had access to fertilizer and belonged to cooperatives.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, dünyada çok boyutlu yoksulluğun en uç örneklerine sahip ülkelerden biri olan Nijerya'daki küçük çiftçi pirinç çiftçilerinin hane refahının sosyoekonomik ve kurumsal belirleyicilerini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem: 288 küçük ölçekli pirinç çiftçisini seçmek için çok aşamalı örnekleme teknikleri kullanıldı. Katılımcılardan birincil veriler yarı yapılandırılmış bir anket aracılığıyla toplanmıştır. Hedeflere ulaşmak için piyasa katılım endeksi ve sıradan en küçük kareler regresyonu modelleri kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin 0,73 pazar katılım endeksiyle yarı ticarileştiği ortaya çıktı. Hane reisinin eğitim düzeyi, hane büyüklüğü, gübreye erişim, pirinç üretimi, satılan pirinç miktarı, kooperatif üyeliği ve yerleşik bir pazara uzaklık, küçük ölçekli pirinç çiftçilerinin refahının temel etkenleri olarak belirlendi.

Sonuç: Üretim piyasasına katılım, özellikle gübreye erişimi olan ve kooperatiflere üye olan eğitimli küçük ölçekli pirinç çiftçileri arasında, çiftlik geliri ve kişi başına tüketim harcamaları üzerinde olumlu etki yaptı.

Keywords: Commercialization, consumption expenditure, household welfare, smallholders, rice

Anahtar sözcükler: Ticarileştirme, tüketim harcamaları, hane refahı, küçük çiftçiler, pirinç

INTRODUCTION

Agricultural transformation anchored on smallholder commercialization is one of the potent ways of achieving economic welfare (Ouedraogo, 2019). Smallholder commercialization is underscored by the need to uplift rural incomes through a departure from prevalent semi-subsistence, low-input, low-productivity farming systems characterizing much of Sub-Saharan Africa (SSA) (Olwande et al., 2015; Anthony et al., 2021). Smallholders are farmers with a low asset base and operate less than two hectares of farmland; The International Fund for Agricultural Development (IFAD) (2011) defined smallholders as farmers with small landholdings and associated characteristics, including dependence mostly on household labour for production and low use of technology. The majority of the smallholder farmers are poor, food insecure and have limited access to markets (Otekunrin et al., 2019; FAO, 2015); they focus on a subsistence level of production in which they produce only for self-consumption (Abdullah et al., 2019). Smallholder farming, predominant in developing countries, not only plays a pivotal role in global food security (Abdullah et al., 2019) but also acts as a catalyst for stimulating economic growth and ensuring household welfare through poverty reduction, especially in SSA (Hoang, 2020). Currently, with over 550 million smallholder farms worldwide, supporting the livelihoods of over 2 billion people and contributing to over 80% of the food consumed in Asia and SSA (Lowder et al., 2021). However, with the increasing population and urbanization, globalization and the devastating effects of climate change, there is an urgent need for transformation in smallholder agriculture in the region (Abdullah et al., 2019). A viable strategy to achieve this transformation involves the adoption of market-oriented production practices over subsistence-level approaches, as proposed by Barrett et al. (2012), Chiemela et al. (2022) and Ukwuaba et al. (2024).

Agricultural commercialization, particularly smallholder transformation, has become an integral policy tool for reducing food insecurity, reduction in poverty, and employment creation in Africa (Aromolaran et al., 2020). The Nigerian government, recognizing the importance of commercialization, has implemented various schemes and policies aimed at increasing self-sufficiency and welfare for farmers, particularly through measures like import bans and tariffs, and improved access to fertilizers and seeds (Mani et al., 2019). Despite these efforts, the progress of smallholder commercialization in Nigeria has not met expectations.

The global demand for rice presents a significant opportunity for smallholder farmers to actively participate in the market. Increased allocation of resources toward the production of marketable commodities, especially rice, is anticipated to enhance market participation among smallholders. However, addressing the intertwined issues of productivity, market orientation, and market participation is crucial for realizing agricultural commercialization among smallholders (Martey et al., 2017). The nexus between market-oriented production and increased income for smallholder farmers is evident in studies by Camara (2017) and Hoq et al. (2021) emphasizing the significance of market-oriented smallholder farming in income generation and welfare improvement. Policymakers advocate for market-oriented production, with optimism that it could elevate household farm income, reduce poverty, and enhance rural food access (Ntakyio & van den Berg, 2019).

Rice, a major staple in Nigeria, has witnessed a surge in demand due to shifting consumer preferences, population growth, increased income levels, and rapid urbanization (Kamai et al., 2020). Over 60% of Nigeria's rice is produced by small-scale farmers, contributing significantly to employment and income, especially in rural areas (PricewaterhouseCoopers [PwC], 2020). However, despite the government's efforts to stimulate local production through initiatives like the Agricultural Transformation Agenda and anchor borrowers' program, the welfare impact on a large number of small-scale farmers remains limited due to market inefficiencies, poor remuneration, and farmers' inability to actively participate in the output market. Consequently, Ogundari (2016) poor farm-level analysis of market orientation and participation decisions among smallholders have been identified as a contributing factor (Ogundari, 2016).

Efforts to identify the factors influencing the household welfare of smallholder rice farmers in Southeast Nigeria have not received significant attention. Previous studies on smallholder commercialization, such as Olanrewaju et al. (2016), Mafimisebi & Ikuerowo (2018), Mani et al. (2019), Aromolaran et al. (2020), and Opata et al. (2020) centered on the determinants of market participation only, without exploring the drivers of the welfare of market participation. Though Awotide et al. (2013) examined the welfare effect of market participation among rural farming households in Nigeria, the Southeast was conspicuously omitted from the study. This study thus, seeks to fill this gap by analyzing the socio-economic determinants of smallholder rice farmers' welfare in Southeast Nigeria. In addition, most of the literature in Nigeria, especially in the Southeast region, such as Onubuogu & Onyeneke (2012), Ukeje et al. (2017) and Okoye et al. (2019) has largely been on root and tuber crops. However, few studies on market orientation and participation were carried out on cereal crops in Nigeria such as Mafimisebi & Ikuerowo (2018) and Mani et al. (2019). To the knowledge of the researcher, the driver of the welfare of smallholder rice farmers, especially in Southeast Nigeria, has not been explored. Thus, this work tends to fill the gap. The study aims to determine the degree of market participation among smallholder rice farmers and to evaluate the socio-economic and institutional drivers of household welfare of smallholder rice farming households in Southeast Nigeria.

MATERIALS and METHODS

The study was conducted in the Southeast region of Nigeria, comprising five states: Abia, Anambra, Ebonyi, Enugu and Imo (Figure 1). The southeast is situated between Latitude 4° 30' and 7° 00' North and Longitude 5° 30' and 9° 30' East. The land area of about 28,987km² (2,898,700 ha) (National Bureau of Statistics, 2010) with an estimated population of 24,067,008 million people (Worldometer, 2021), and spread across 95 local government areas (LGAs) with 19 agricultural zones. The predominant soil type in the area is sandy loam, and the climate is characterized by rainy and dry seasons (Okere, 2020). Smallholder agriculture dominates the major economic activities, especially in rural areas. Rice is one of the most valuable staple foods cultivated and marketed in the study area, especially the popular Abakiliki and Adani rice. It is mainly grown at the subsistence level, though a few farmers operate at the commercial level.

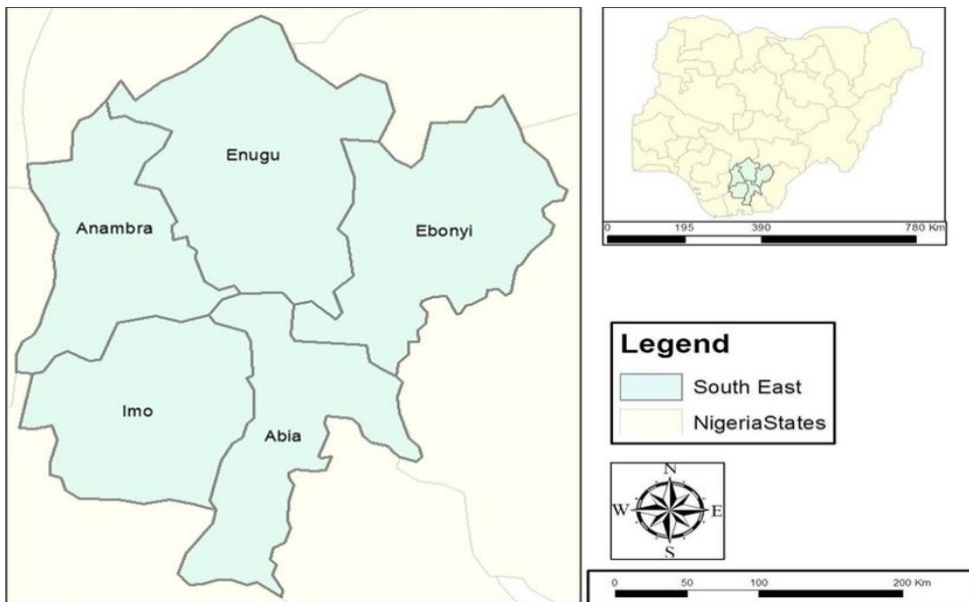


Figure 1. Map of Southeast Nigeria.

Şekil 1. Güneydoğu Nijerya haritası

A multistage sampling technique was used in the selection of the respondents. In stage one, Anambra, Ebonyi and Enugu states were purposively selected based on the high concentration of rice farmers (Mba et al., 2021). In stage two, three agricultural zones were purposively selected from each of the states selected based on the preponderance of rice farming in the areas. In stage three, three LGAs (Anambra state: Ayamelum, Ogbaru, and Orumba; Ebonyi State: Ezza, Ikwo, and Izzi and Enugu State: Awgu, Isi-Uzo, and Uzo-Uwani) where rice is mostly produced in the study area were purposively selected from each state. Stage four involved a purposive selection of three communities from each of the nine LGAs selected based on a large number of rice farming households. Finally, a proportionate random sampling technique was used to select a sample of 288 respondents, comprising 84, 108, and 96 smallholder rice farmers from Anambra, Ebonyi, and Enugu states respectively, using Yamane's (1967) formula at a 95% confidence level with a precision level of 7% to estimate the true population. The formula is stated as follows: $n = N/1+N(e^2)$. Where n = sample size, N = total population (number of smallholder rice farmers), and e = level of precision or error margin allowed (7%). A list of rice farming households, obtained from ADP offices in the three states, served as the sampling frame. Primary data, collected with the aid of a semi-structured questionnaire, personal observations/interviews and focus group discussion from respondents were used in the study. The market participation index and Heckman's two-stage model were used to realize the objectives.

Market participation index

The household crop output market participation index was computed as the proportion of the value of rice sold to the total value of rice produced. It was expressed mathematically as follows:

$$\frac{\sum_{k=1}^k \dot{P}_K S_{ik}}{\sum_{k=1}^k \dot{P}_K Q_{ik}} \quad (1)$$

Where S_{ik} denotes the quantity of rice (k) sold in the market by household i , \dot{P}_k represents mean community level price, while Q_{ik} denotes the total quantity of rice k A produced by household i . The index values of 0 indicate a high subsistence orientation while that of 1 is an indication of a high commercial-oriented smallholder rice farmer.

Ordinary least square regression

The OLS regression was employed in the estimation of factors influencing the household welfare of smallholder rice farmers who participated in the rice market. The household welfare was proxied by per capita consumption expenditure and was regressed against some socio-economic and institutional independent variables. Based on the nature of the data, the linear, semi-log and double-log forms of OLS were used to test for the best estimates. The OLS regression model was specified as follows:

Linear function

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \beta_{14} X_{14} + \beta_{15} X_{15} + \beta_{16} X_{16} + e \quad (2)$$

Semi-log function

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \beta_3 \log X_3 + \beta_4 \log X_4 + \beta_5 \log X_5 + \beta_6 \log X_6 + \beta_7 \log X_7 + \beta_8 \log X_8 + \beta_9 \log X_9 + \beta_{10} \log X_{10} + \beta_{11} \log X_{11} + \beta_{12} \log X_{12} + \beta_{13} \log X_{13} + \beta_{14} \log X_{14} + \beta_{15} \log X_{15} + \beta_{16} \log X_{16} + e \quad (3)$$

Double-log function

$$\log Y = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \beta_3 \log X_3 + \beta_4 \log X_4 + \beta_5 \log X_5 + \beta_6 \log X_6 + \beta_7 \log X_7 + \beta_8 \log X_8 + \beta_9 \log X_9 + \beta_{10} \log X_{10} + \beta_{11} \log X_{11} + \beta_{12} \log X_{12} + \beta_{13} \log X_{13} + \beta_{14} \log X_{14} + \beta_{15} \log X_{15} + \beta_{16} \log X_{16} + e \quad (4)$$

Where:

Y = Per capita consumption expenditure

β_0 = intercept of Y

X1 = Age (years)

X2 = Education (Years spent in Education)

X3 = Household size

X4 = Access to fertilizer (Access =1, Otherwise, 0)

X5 = Access to Extension (Access =1, Otherwise, 0)

X6 = Access to Credit (Access =1, Otherwise, 0)

X7 = Distance to established Market (km)

X8 = Size of rice farm (Ha)

X9 = Distance to Asphalted Road (Km)

X10 = Rice yield (kg)

X11 = Market Information (Access =1, Otherwise 0)

X12 = Off-farm Income (Naira)

X13 = Income from Rice (Naira)

X14 = Quantity of rice sold (Kg)

X15 = Ownership of transport facility (Ownership = Yes, otherwise, 0)

X16 = Cooperative Membership (Access =1, otherwise, 0)

e = Error term

RESULTS and DISCUSSION

Market participation index

The result of market participation by smallholder rice farmers in the study area shows that the total rice produced by the respondents in the 2022 farming season was 233,615 kg; with 2,500 and 150 kg being the maximum and minimum production, respectively (Table 1). The Table also indicates that out of the 233,615 kg of rice produced, 170,342 kg were sold in the market. The maximum quantity of rice sold was 2,100.1 kg while the minimum sold was 25 kg. The result in Table 1 further showed a mean market-participation index of 0.73 among smallholder rice farmers in the study area. The result implies that on average, 73% of the total rice produced was sold to the market by smallholder rice farmers in southeast, Nigeria. The result suggests that smallholder rice farmers in southeast Nigeria were semi-commercialized as the quantity of rice sold was far greater than the quantity consumed and/or gifted to friends, neighbors and relations. This could be attributed to the increased market-oriented production through the allocation of more farmland to rice production, as well as increased use of purchased inputs among the smallholder rice farmers in southeast Nigeria. Thus, the majority of the smallholder rice farmers in the study area participated in the market; therefore, high transactional costs due to poor infrastructure and weak institutions were not strong enough to hinder smallholders' access to the output market.

The result is consistent with Aromolaran et al. (2020) which reported a moderate market participation index of 0.46 among smallholder rice farmers in Ogun and Kaduna states, Nigeria. The result also agrees

with Kondo (2018), Ochieng and Hepelwa (2018), Mekie et al. (2019), Ogundele (2020) and Ayele et al. (2021), which found the smallholder cereal farmer's level of market participation indices to be moderately commercialized or semi-commercialized with market participation indices of 0.48, 0.66, 0.57, 0.52, and 0.53, respectively. However, the result disagrees with Mpombo (2018) which reported a low market participation index of 0.27 among smallholder rice farmers in Tanzania. The result is also at variance with Ayele et al. (2018), Abate et al. (2021) and Manda et al. (2021) which reported low market participation indices of 0.10, 0.20 and 0.39, respectively.

Table 1. Market participation index of the respondents

Çizelge 1. Katılımcıların pazar katılım endeksi

Indicators (Kg)	Total	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Index
Quantity of Rice Produced	233615.00	150.00	2500.00	811.16	455.86	
Quantity of Rice Sold	170342.00	25.00	2100.00	591.47	437.01	
Total Quantity of Rice Consumed	43065.00	50.00	450.00	149.53	80.56	
Total Quantity of Rice Gifted	20283.00	0.00	250.00	70.43	49.33	
Market Participation Index						0.73

Field Survey, 2023

Socio-economic and institutional determinants of smallholder rice farmers' welfare

The result of the Ordinary Least Square regression model of factors influencing smallholder rice farmers' welfare is presented in Table 2. The per capita consumption expenditure was proxied for household welfare and was regressed against some explanatory variables. The double log form was chosen as the best-fit equation as it has a better diagnostic test statistic than the other two functional forms. Specifically, the double log form has the highest number of significant variables that are consistent with the apriori expectations; the highest coefficient of multiple determination (R^2) and significant Fischer's value, as well as the lowest mean squared error of regression. The F-statistic value of 15.6 was significant at a 1% ($p > 0.01$) level of probability; this indicates that the data were suitable for the model and fit the model and that the specified variables adequately accounted for the variations in household welfare. The coefficient of determination (R^2) value of 0.576 suggests that about 57.6% of variations in the household welfare of the smallholder rice farmers in Southeast Nigeria were explained by the independent variables specified in the model.

The coefficient of education (0.024) was positive and significant at a 1% ($p > 0.01$) level of probability. The result is consistent with the apriori expectation and implies that the welfare of a smallholder rice farming household increases with the increasing level of education of the household head. Specifically, a unit increase in education will lead to a 0.024 rise in household welfare. Smallholder farmers are often confronted with challenges of low income, agricultural productivity, food security, and standard of living. However, education can be instrumental in improving the household welfare of smallholder rice farmers. With improved education, a smallholder rice farmer can easily understand market dynamics and strategies with which the farmer can access better markets and negotiate better prices for the farm produce. Education also promotes the adoption of modern farming technologies capable of increasing productivity, higher yields and increased income. The increased income will impact positively on food security, improved standard of living and general household welfare. The result corroborates the findings of Amankwah and Quagraine (2018), Purnamadewi & Firdaus (2018), Issahaku & Abdulai (2020), Mukaila et al. (2021), Oduniyi & Tekana (2021).

Table 2. Ordinary least square result of the socio-economic and institutional factors influencing smallholder rice framers' welfare**Çizelge 2.** Küçük çiftçi pirinç üreticilerinin refahını etkileyen sosyo-ekonomik ve kurumsal faktörlerin alışılmış en küçük kareler sonucu

Variables	Linear	Semi-Log	Double-Log
Age	299.720 (0.343)	4.827*** (41.448)	0.080 (0.557)
Education	13192.391*** (8.949)	0.001 (0.605)	0.024*** (11.180)
Household size	-13321.271*** (-3.833)	0.024*** (10.753)	-0.018*** (-3.403)
Fertilizer Access	157710.785*** (3.176)	-0.019*** (-3.619)	0.288*** (3.712)
Extension Access	-4545.741 (-0.333)	0.280*** (3.786)	-0.008 (-0.412)
Credit Access	9349.729 (0.517)	-0.010 (-0.493)	0.005 (0.197)
Distance to Established Market	-1095.382 (-1.404)	0.005 (0.192)	-0.002** (-1.913)
Size of rice farmland	23392.279* (1.663)	-0.002** (-2.002)	0.022 (1.003)
Distance to asphalted road	1071.344 (0.291)	0.034 (1.632)	0.003 (0.470)
Rice yield	-185.109** (-2.035)	0.002 (0.374)	0.612*** (2.619)
Market Information Access	6761.581 (0.305)	0.000*** (-2.490)	0.016 (0.469)
Off-farm income	26499.593 (0.952)	0.012 (0.349)	0.042 (1.041)
Farm Income	0.042 (0.448)	0.049 (1.179)	0.040 (0.219)
Quantity of rice Sold	197.351** (2.024)	5.659E-8 (0.401)	0.573*** (2.936)
Ownership of Transport facility	-9270.403 (-0.548)	0.000*** (2.611)	0.006 (0.243)
Cooperative Membership	42153.971** (2.352)	0.002 (0.095)	0.048* (1.820)
(Constant)	-28262.482 (-0.362)	0.045* (1.677)	4.674*** (9.020)
R-Squared	0.511	0.567	0.576
Adjusted R-Squared	0.468	0.529	0.539
S.E of Regression	84296	0.12565	0.12424
F-Statistic	12.003	15.040	15.644
Sig.	0.000	0.000	0.000

Source: Field Survey, 2023 ***,**,* 1%,5% & 10% significance, respectively + Lead Equation

The coefficient of household size (-0.018) was negative and significant at a 1% ($p > 0.01$) probability level. The result is in tandem with the apriori expectation and implies that the welfare of smallholder rice farming households decreases with increasing household size in the study area. Large family size is a strain on the household income; with a large household size, there is increased competition for limited household resources. This can lead to lower per capita income and reduced access to education, healthcare, and other essential services; and as a consequence, limits their ability to access better employment opportunities and improve their standard of living. The result disagrees with that of Ochieng and Hepelwa (2018) and Hoq et al. (2021) that the number of household members positively impacted

the household per capita consumption expenditure of smallholder farmers in Bangladesh and Tanzania, respectively.

Access to fertilizer (0.288) was positive and significant at a 1% ($p < 0.01$) risk level. The sign of the coefficient of the variable conforms with the a priori expectation and the result suggests that a unit increase in access to fertilizer increases household welfare by 0.288 units. Little or no access to fertilizer is a major obstacle to smallholder commercialization in developing countries; it impacts negatively on crop production and consequently reduces the quantity and quality of rice available for the market. However, smallholder farmers with improved access to inorganic fertilizers have better rice outputs and thus, earn higher farm income which translates to an improved standard of living. The result affirms Habtemariam et al. (2019) that the adoption of fertilizer improves net farm income and reduces food insecurity and poverty reduction.

The distance to an established market (-0.002) was also found to be negative and significant at a 5% ($p < 0.05$) level of probability. The result indicates that an indirect relationship exists between household welfare and distance to an established and competitive market. The result also shows that for every one-unit increment in the distance to an established and competitive market, the household welfare decreases by 0.002 units. The farther a smallholder farm is from a market, the higher the transportation costs. Transporting agricultural products over long distances reduces the profit margins for farmers. The bad road network also adds to the increasing transaction cost and impacts negatively on the farm income and household consumption expenditure of the smallholder rice farmers. The result is similar to Kyaw et al. (2018) and Aromolaran et al. (2020).

The quantity of rice produced or rice yield (0.612) was positive and significant at a 1% ($p < 0.01$) risk level. The result connotes a direct relationship between the rice produced by smallholder rice farmers and household welfare. The result suggests that as the quantity of rice produced by smallholder farmers' increases, the household per capita consumption expenditure rises. Specifically, a unit increase in the quantity of rice output leads to an increase in the household welfare of smallholder rice farmers by 0.612 units. Increased output from smallholder farmers creates a ripple effect such as improved market engagement, income generation, economies of scale and access to credit, among others. Specifically, with increased production, farmers can generate more income. The additional income can be reinvested in the farm and improving the farming practice, leading to the adoption of improved technologies, and enhanced standard of living among the smallholder rice farmers in the study area. Also, higher productivity and higher income increase the creditworthiness of smallholder farmers and, this further enhances their access to more credit. The improved access to credit also enhances smallholder commercialization, poverty reduction and improved standard of living. The result aligns with Abdullah et al. (2019) which observed that rice output was among the important factors that positively influenced the welfare of smallholder rice farmers in Pakistan. The quantity of rice sold (0.573) was positively significant at a 1% ($p < 0.01$) level of probability. The result indicates the existence of a direct relationship between household welfare and the quantity of rice sold. The result suggests that the more a smallholder farmer participates in an output market, the more the welfare of the household is enhanced. Furthermore, the OLS result indicates that a unit increase in the quantity of rice sold leads to a 0.573 unit increase in the welfare of smallholder rice farmers. Poverty is often linked to insufficient income, and by increased market involvement, smallholder farmers can improve their standard of living. Thus, higher quantities of rice sold contribute to poverty reduction among smallholder farmers. With increased income due to increased market participation, household basic needs are easily met. Therefore, market participation provides a financial cushion and improves the overall economic well-being of smallholder farmers. The result is similar to the findings of Camara (2017), Ochieng and Hepelwa (2018), Abdullah et al. (2019) and Ogutu et al. (2020).

Cooperative membership (0.048) was positive and significant at a 10% ($p < 0.1$) risk level. The result suggests the existence of a direct relationship between cooperative membership and the household welfare of smallholder rice farmers in southeast Nigeria. The result is not surprising as cooperatives often provide smallholder farmers with improved access to markets by establishing direct links with buyers, reducing the dependence on middlemen and ensuring fairer prices for smallholder farmers. Cooperative membership also enhances smallholder farmers' bargaining power, access to resources, and ability to manage risks collectively. This, in turn, positively impacts household welfare by reducing production costs and improving income and poverty reduction. This result corroborates the studies by Cafer & Rikoon (2018), Hao et al. (2018), Sellare et al. (2020) and Sarkar et al. (2022) which identified cooperatives as a major tool for achieving and ensuring improved living conditions for smallholder farmers.

CONCLUSION

Smallholder commercialization is a vital strategy for transforming the agricultural sector and promoting economic growth in developing countries. By transitioning from subsistence to commercial farming, smallholders can increase their incomes, improve their livelihoods, and contribute to national food security. The commercialization efforts of smallholder rice farmers in Southeast Nigeria have not been fully optimized; however, the efforts are beginning to yield the desirable outcome. The farmers have gradually shifted from the traditional subsistence system to semi-commercialization despite the challenging environment. Engagement in the output market impacted positively on the farm income and per capita consumption expenditure which translates to household welfare. The educational status of the household head, access to fertilizer, the quantity of rice produced and sold as well as membership of cooperatives were the major socio-economic and institutional factors impacting positively on the household welfare of smallholder rice farmers. However, the level of household welfare of the farmers was limited by the distance to an established market and large household size in southeast Nigeria. Therefore, any policy aimed at improving the standard of living and poverty reduction among smallholder farmers must be anchored on these key factors. The push factors, such as support systems and incentives, need to be strengthened, while the pull factors, like challenges and barriers, should be mitigated or minimized. Targeted policies, programs, and investments can help enhance their access to markets and market information, inputs, credit, and technology. In addition, access to training and capacity building, as well as infrastructure and logistics, are crucial. Thus, by supporting smallholders' transition to commercial farming, governments and stakeholders can unlock the full potential of the agricultural sector and promote a more food-secure, prosperous, and resilient future. Besides government intervention, smallholder rice farmers should form cooperatives to enhance the bargaining power of smallholder farmers in the market. The cooperative should also facilitate the establishment of direct market linkages between smallholder farmers and buyers, processors, or retailers to enhance participation in the market and turn, increase the household welfare. Collectively, these stakeholders can create a robust ecosystem that supports smallholder commercialization, and economic growth, ultimately reducing poverty and improving livelihoods in southeast, Nigeria.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

Conception and design of the study: ICU, CJA, BCO; sample collection: ICU, CJA, BCO; analysis and interpretation of data: ICU, CJA, BCO; statistical analysis: ICU, CJA, BCO; visualization: ICU, CJA, BCO; writing manuscript: ICU, CJA, BCO.

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 University of Nigeria Nsukka, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics with document number dated February 12, 2024.

Financial Support

This study was not financially supported.

Article Description

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

REFERENCES

- Abate, D., F. Mitiku & R. Negash, 2021. Commercialization level and determinants of market participation of smallholder wheat farmers in northern Ethiopia. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 12 (2): 1-12. <https://doi.org/10.1080/20421338.2020.1844854>
- Abdullah, R. F., R. Ahamad, S. Ali, A. A. Chandio, W. Ahmad, A. Ilyas & I. U. Din, 2019. Determinants of commercialization and its impact on the welfare of smallholder rice farmers by using Heckman's two-stage approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (2): 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.06.001>
- Amankwah, A. & K.K. Quagraine, 2018. Aquaculture feed technology adoption and smallholder household welfare in Ghana. *Journal of the World Aquaculture Society*, 9 (2): 1-15. <https://doi.org/10.1111/jwas.12544>
- Anthony, L., O.O. Alabi, E.S. Ebukiba & V. Gamba, 2021. Factors influencing output of rice produced and choice of marketing outlets among smallholder farming households, Abuja, Nigeria. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37 (1): 262-277. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.1.262.277>
- Aromolaran, A. B., M. Muyanga, T. Jayne, A.E. Obayelu, T. Awokuse, O.O. Ogunmola & F.O. Issa, 2020. Drivers of market-oriented land use decisions among farm households in Nigeria (No. 46; APRA Working Paper, Issue November). 38 pp. <https://doi.org/10.19088/APRA.2020.012>
- Awotide, B. A., A. Diagne & T.T. Awoyemi, 2013. "Agricultural technology adoption, market participation and rural farming households' welfare in Nigeria, 1-22". In: 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists, September 22-25, 2013, 220 pp.
- Ayele, T., D. Goshme & H. Tamiru, 2021. Determinants of cereal crops commercialization among smallholder farmers in Guji Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 7 (1): 1-18. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1948249>
- Ayele, T., B. Tegegne & L. Zemedu, 2018. Analysis of market decisions and intensity of market participation of smallholder wheat farmers in Adola Rede district of Oromia regional state, Ethiopia. 4 (8): 1-11. <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0408001>
- Barrett, C. B., M.E. Bachke, M.F. Bellemare, H.C. Michelson, S. Narayanan, T.F. Walker & T.W. Bank, 2012. Smallholder participation in contract farming: comparative evidence from five countries. *World Development*, 40 (4): 715-730. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.09.006>
- Cafer, A. M. & J.S. Rikoon, 2018. Adoption of new technologies by smallholder farmers: the contributions of extension, research institutes, cooperatives, and access to cash for improving tef production in Ethiopia. *Agriculture and Human Values*, 35 (3): 685-699. <https://doi.org/10.1007/s10460-018-9865-5>
- Camara, A., 2017. An analysis of welfare effect of market participation of smallholder farm households in Guinea. *The Economic Research Guardian*, 7 (1): 2-23.
- Chiemela, C., R. Mukaila, I. Ukwuaba & A. Obetta, 2022. Economics analysis of the use of modern and traditional methods in honey production among farmers in Enugu State Nigeria. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59 (4): 611-619. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1162027>
- Food and Agriculture Organization of the United, 2015. The economic lives of smallholder farmers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, 39 pp.
- Habtemariam, L. T., C.P. Mgeni, K.D. Mutabazi & S. Sieber, 2019. The farm income and food security implications of adopting fertilizer micro-dosing and tied-ridge technologies under semi-arid environments in central Tanzania. *Journal of Arid Environments*, 16: 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.011>

- Hao, J., J. Bijman, C. Gardebroek, N. Heerink, W. Heijman & X. Huo, 2018. Cooperative membership and farmers' choice of marketing channels - Evidence from apple farmers in Shaanxi and Shandong Provinces, China. *Food Policy*, 74: 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.11.004>
- Hoang, H. G., 2020. Determinants of the adoption of mobile phones for fruit marketing by Vietnamese farmers. *World Development Perspectives*, 17 (1): 100178. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100178>
- Hoq, M. S., M.T. Uddin, S.K. Raha & M.I. Hossain, 2021. Welfare impact of market participation: The case of rice farmers from wetland ecosystem in Bangladesh. *Environmental Challenges*, 5 (6): 100292. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100292>
- International Fund for Agricultural Development (IFAD), 2011. Rural Poverty Report 2011: New realities, new challenges: new opportunities for tomorrow's generation. Quintily, Rome, 322 pp.
- Issahaku, A. & A. Abdulai, 2020. Household welfare implications of sustainable land management practices among smallholder farmers in Ghana, *Land Use Policy*, 94:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104502>.
- Kamai, N., L.O. Omoigui, A.Y. Kamara & F. Ekeleme, 2020. Guide to rice production in Northern Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Ibadan, 22 pp.
- Kondo, E. 2018 Market Participation Intensity Effect on Productivity of Smallholder Cowpea Farmers: Evidence from The Northern Region of Ghana. *Review of Agricultural and Applied Economics*, 22 (1): 14-23. <https://doi.org/10.15414/raae.2019.22.01.14-23>
- Kyaw, N. N., S. Ahn & S.H. Lee, 2018. Analysis of the factors influencing market participation among smallholder rice farmers in Magway Region, Central Dry Zone of Myanmar. *Sustainability*, 10 (12): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10124441>
- Lowder, S. K., M.V. Sánchez & R. Bertini, 2021. Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142: 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
- Mafimisebi, T. E & J.O. Ikuero, 2018. Factors affecting market participation by smallholder local rice farmers in southwest, Nigeria. 7 (10): 2551-2569.
- Manda, J., C. Azzarri, S. Feleke, B. Kotu, L. Claessens & M.Bekunda, 2021. Welfare impacts of smallholder farmers' participation in multiple output markets: Empirical evidence from Tanzania. *PLoS ONE*, 16 (5): 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250848>
- Mani, J. R., Z. Abdussalam, M.A. Damisa, M. Yusuf & N.J. Suleiman, 2019. "Analysis of smallholder maize market participation in Kaduna State, Nigeria, 5 -16. In: 6th African Conference on Agricultural Economists: Rising to Meet New Challenges: Africa's Agricultural Development Beyond 2020 Vision, 120 pp.
- Martey, E., P.M. Etwire, A.N. Wiredu & B.D.K. Ahiabor, 2017. Establishing the link between market orientation and agricultural commercialization: Empirical evidence from Northern Ghana. *Food Security*, 9 (4): 849-866. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0688-9>
- Mba, C. L., A. Madu & A.E. Obetta, 2021. Patterns of rice production and yields in southeastern, Nigeria. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 21 (6): 18330-18348. <https://doi.org/10.18697/ajfand.102.2010518330>
- Mekie, T. M., G. Desalegn, A.B. Dessie & T.M. Abate, 2019. Market orientation and market participation of smallholder barely producers in North Gondar Zone: Implications for commercial transformation. *African Journal of Agricultural Research*, 13 (1): 1-13. <https://doi.org/10.5897/AJARxx.xx>
- Mpombo, L. B., 2018. Determinants of Market Participation Among Smallholder Rice Farmers in Tanzania. University of Dar es Salaam, Department of Agricultural Economics, (Unpublished) MSc Dissertation Tanzania-93 pp.
- Mukaila, R., A. Falola, A & L.O. Egwue, 2021. Income diversification and drivers of rural smallholder farmers' income in Enugu state Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21 (3): 585 -592.
- National Bureau of Statistics, 2010. Nigeria Annual Abstract of Statistics. National Bureau of Statistics, Abuja, 266 pp.
- Ntakyo, P. R. & M. van den Berg, 2019. Effect of market production on rural household food consumption: evidence from Uganda. *Food Security*, 11 (5): 1051-1070. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00959-2>
- Ochieng, N. & A. Hepelwa, 2018. Effects of small-scale agricultural crop commercialisation on rural household welfare in Tanzania: a case study of Liwale District, Lindi Region. *International Journal of Agricultural Economics*, 3 (5): 103-111. <https://doi.org/10.11648/j.ijae.20180305.12>

- Oduniyi, O. S. & S.S.Tekana, 2021. The Impact of sustainable land management practices on household welfare and determinants among smallholder maize farmers in South Africa. *Land*, 10 (5): 508. MDPI AG. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.3390/land10050508>
- Ogundari, K., 2016. Maize supply response to price and nonprice determinants in Nigeria: bounds testing approach. *International Transactions in Operational Research*, 25 (5): 1537-1551. <https://doi.org/10.1111/itor.12284>
- Ogundele, F., 2020. Factors influencing output commercialisation among small-scale farmers in Nigeria. *African Journal of Agricultural Marketing*, 8 (10): 1-9.
- Ogutu, S.O., T. Geodecke & M. Qaim, 2020. Agricultural commercialization and nutrition in Smallholder farm households. *Journal of Agricultural Economics*, 71 (2): 534-555. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12359>
- Okere, R.A., 2020. Analysis of the Productivity, Profitability and Welfare Effects of Household Oil Palm Investment in Southeast, Nigeria. University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, (Unpublished) PhD Thesis, Nsukka, 143 pp.
- Okoye, A. C., J.A. Mbanasor & B.C. Okoye, 2019. Market-oriented or not: a gender situation analyses of smallholder sweet potato farmers in South-East. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 10 (1): 87-100.
- Olanrewaju, E. C., K.O. Adenegan & O.O. Alawode, 2016. Assessment of crop commercialisation among smallholder farming households in Southwest Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2 (6): 478-486.
- Olwande, J., M. Smale, M.K. Mathenge, F. Place & D. Mithöfer, 2015. Agricultural marketing by smallholders in Kenya: A comparison of maize, kale and dairy. *Food Policy*, 52 (1): 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.02.002>
- Onubuogu, G.C. & R.U. Onyeneke, 2012. Market orientation of root and tuber crops production in Imo State, Nigeria. *Agricultural Science Research Journals*, 2 (5): 206-216.
- Opata, P. I., A.B. Ezeibe & N.R. Arua, 2020. Drivers of farmers market participation in southeast Nigeria. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 121 (2): 207-217. <https://doi.org/10.17170/kobra-202010191969>
- Otekunrin, O. A., S. Momoh & I.A. Ayinde, 2019. Smallholder farmers' market participation: concepts and methodological approach from Sub-Saharan Africa. *Current Agriculture Research Journal*, 7 (2): 139-157. <https://doi.org/10.12944/cari.7.2.02>
- Ouedraogo, S. A., 2019. Smallholders' agricultural commercialisation, food crop yield and poverty reduction: Evidence from rural Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 14 (1): 28-41.
- Price Water Coopers (PWC), 2020. Boosting rice production through increased mechanisation. (Web page. <https://www.pwc.com/ng/en/publications/boosting-rice-production-through-increased-mechanisation.html>) (Date accessed:24 November, 2023)
- Purnamadewi, Y.L & M. Firdaus, 2018. "Analysis of income determinants among households in the upland shallot production centre in Malang district, Indonesia, 68-78". 2nd International Conference on Food and Agricultural Economics, (April), Turkey: Alanya Alaaddin Keykubat University, Turkey, 100 pp.
- Sarkar, A., H. Wang, A. Rahman, L. Qian & W.H. Memon, 2022. Evaluating the roles of the farmer's cooperative for fostering environmentally friendly production technologies case of kiwi-fruit farmers in Meixian, China. *Journal of Environmental Management*, 301: 113858. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113858>
- Sellare, J., E. Meemken, C. Kouamé & M. Qaim, 2020. Do sustainability standards benefit smallholder farmers also when accounting for cooperative effects? Evidence from Côte d'Ivoire. *American Journal of Agricultural Economics*, 102 (2): 681-695. Portico. <https://doi.org/10.1002/ajae.12015>
- Ukeje, B. A., M.C.Ogbonna, I.I. Okonkwo & C. Adiele-Ezekiel, 2017. Determinants of market orientation among cassava producers in Abia state, Nigeria. *Nigeria Agricultural Journal*, 48 (1): 214-223.
- Ukwuaba, I.C., C.J. Arene, C.B. Okpukpara, E. E. Omeje, C.N. Onyekwe, V. Okpukpara, O.G. Onah & T.J. Offorma, 2024. Unpacking the Drivers of Market Orientation: Evidence from Smallholder Rice Farming Households in Southeast Nigeria. *Ianna Journal of Interdisciplinary Studies*, 6 (1): 16-32.
- Worldometer, 2021. Nigeria Population (Live). (Web page: <https://www.worldometers.info/world-population/nigeria-population/>) (Date accessed: 21 February 2024).
- Yamane, T., 1967. *Statistics: An introductory Analysis*. (2nd ed.), New York: Harper and Row, 919 pp.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):425-436

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1476142>

Serhan KAYA¹

Semih AÇIKBAŞ^{2*}

¹ Siirt University Faculty of Agriculture,
Department of Plant Protection, Siirt,
Türkiye

² Siirt University Faculty of Agriculture,
Department of Field Crops, Siirt, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

semihacikbas@siirt.edu.tr

Determination of germination and seedling characteristics of common grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes under salt stress

Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tuz stresi altında çimlenme ve fide özelliklerinin belirlenmesi

Received (Alınış): 30.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: In this study, the aim was to determine the germination and seedling development responses of common grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes under salt stress and to identify genotypes sensitive or tolerant to salinity.

Materials and Methods: The research was conducted at the Field Crops Laboratory of the Faculty of Agriculture, Siirt University, under controlled conditions at 25±1°C. The plant material of the study consists of 2 cultivars and 8 genotypes. The study investigated the doses of NaCl at 0, 50, 100, 150, and 200 mM. The laboratory experiment was conducted by a completely randomized factorial design with four replications.

Results: The increase in salt levels significantly ($p<0.01$) affected the germination and seedling characteristics of grasspea genotypes. It was determined that common grasspea genotypes were significantly affected by increasing salt concentrations with regard to germination parameters starting from the 50 mM salt dose. Regarding seedling parameters, grasspea genotypes were affected by salt concentrations beyond 50 mM in relation to seedling length and seedling dry weight, while other seedling parameters were negatively impacted even at the lowest salt dose.

Conclusion: When all examined parameters were considered together, the Sel 668 genotype stood out for its tolerance to salinity and its performance in germination and seedling development.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tuz stresi altında çimlenme ve fide gelişim tepkilerinin belirlenmesi ve tuzluluğa hassas ya da tolerant genotiplerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırma, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda, 25±1°C kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmanın bitkisel materyali 2 çeşit ve 8 genotipten oluşmaktadır. Çalışmada; tuzun (NaCl) 0, 50, 100, 150 ve 200 mM dozları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Laboratuvar deneyi tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Araştırma Bulguları: Tuz seviyesindeki artış, mürdümük genotiplerinin çimlenme ve fide özelliklerini çok önemli ($p<0.01$) derecede etkilemiştir. Yaygın mürdümük genotiplerinin artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme parametreleri açısından 50 mM tuz dozundan itibaren anlamlı olarak etkilendiği belirlenmiştir. Fide parametrelerinde ise fide uzunluğu ve fide kuru ağırlığı bakımından 50 mM tuz konsantrasyonundan sonra mürdümük genotipleri etkilenirken, diğer fide parametrelerinin ise kontrolden itibaren en düşük tuz dozunda bile olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir.

Sonuç: Tüm incelenen parametreler birlikte değerlendirildiğinde ise Sel 668 genotipi tuzluluğu dayanıklılığı ve çimlenme ve fide gelişimi açısından ön plana çıkmıştır.

Keywords: Germination percentage, grasspea, salinity, seedling length, seedling vigor index

Anahtar sözcükler: Çimlenme yüzdesi, mürdümük, tuzluluk, fide uzunluğu, fide güç indeksi

INTRODUCTION

Common grasspea (*Lathyrus sativus* L.), which belongs to the Leguminosae family, is an annual legume species of significant economic importance, particularly in developing countries such as India, Bangladesh, Pakistan, Nepal, and Ethiopia, where it is used for both human and animal nutrition (Kumar & Tripathi, 2008; Ahmadi et al., 2015; Xu et al., 2018; Lambein et al., 2019). The grasspea plant is known for containing 65% carbohydrates and 18-34% protein on a dry weight basis, making it recognized as a protein source (Feyzi et al., 2018). It also contains significant amounts of minerals such as phosphorus, magnesium, and calcium (Arshad et al., 2023). Due to its abundant nutrient content and unique characteristics such as low water demand, grasspea is considered a wonderful option for sustainable food production, especially in coping with environmental challenges such as climate change, flooding, and pest diseases, and with the increasing demand for eco-friendly protein sources (Gonçalves et al., 2022).

Climate change and global warming are seen as triggers for significant problems such as drought and soil salinity (Özyazıcı & Açıkbaz, 2021). The stress conditions resulting from climate change affect agriculture differently depending on the regions and agricultural products (Anderson et al., 2020). One of the most significant stress factors that plants encounter throughout their life is salt stress (Omidi et al., 2022). Salinity, especially in arid and semi-arid regions, is one of the most determining environmental stress factors limiting crop productivity (Zörb et al., 2019). In addition to the provided information, salinity adversely affects soil microbial diversity, enzymatic activities, and consequently, carbon and nitrogen dynamics, as well as greenhouse gas emissions from the soil (Fagodiya et al., 2022). Salinity induces various physiological, morphological, and biochemical changes in plant growth and development, affecting processes such as photosynthesis, protein synthesis, lipid metabolism, and energy production (Parida & Das, 2005; Munns & Tester, 2008). Especially during seed germination and early seedling growth stages, which are critical stages for plant development, seed germination phase is the most sensitive period for plants to salinity (Acikbas et al., 2021).

It is important to detect genetic variations for identifying the genotypes that are most tolerant to salinity. Additionally, determining the response of plants to salinity during germination and seedling stages is crucial for achieving optimal yields in salinity-affected areas (Özyazıcı & Açıkbaz, 2021). Salt damage is not only depending on the growth stage, environmental factors, and the structure of salts but also significantly influenced by plant species and variety, as well as the amount of salt (Açıkbaz et al., 2023). In general, *L. sativus* is resilient to environmental stresses and can yield well even under adverse climatic conditions (Cocks et al., 2000). Moreover, it is highly tolerant to negative environmental factors such as periodic flooding, low temperatures, soil salinity, and most importantly, prolonged drought (Tokarz et al., 2020). One of the key ways to cope with this issue is through the cultivation of plants tolerant to salinity, especially considering that both our soils and irrigation waters are becoming increasingly saline due to the impact of global climate change.

The aim of this study is to determine the germination and seedling growth responses of common grasspea (*L. sativus* L.) genotypes under salt stress conditions and to identify sensitive or tolerant genotypes to salinity.

MATERIALS and METHODS

Materials

The research was conducted at the Field Crops Department Laboratory of Siirt University (Türkiye), Faculty of Agriculture (37°58'13.20"N - 41°50'43.80"E). In the study, a total of 10 common grasspea (*L. sativus* L.) genotypes, 8 lines (IFLS 349, IFLS 257, Sel 706, Sel 668, Sel 702, Sel 1794, ETH-24 and ETH WIR-70) obtained from ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), and 2 cultivars (GAP Mavisi and Gürbüz-2001) bred in Türkiye, were used as plant material. Sodium chloride (NaCl) was used as the salt form.

Research Subject and Germination Experiment

Laboratory experiments were included ten different grasspea genotypes and five different concentrations (0- 50-100-150 and 200 mM) of salt (NaCl). They were established in randomized plots in factorial design with four replications. For each replication, 20 seeds were used. Seeds were surface sterilized with 70% ethanol for one minute and then rinsed three times with sterile water. Then, to remove the microorganisms on the seed surface, a subsequent step of surface sterilization was carried out by covering the seeds with a 10% sodium hypochlorite (NaOCl) + 0.01% tween20 solution for 10 minutes. The sterilized seeds were placed between two layers of Whatman No.2 filter paper in petri dishes (90 mm x 15 mm). Five ml of salt solutions were applied to each petri dish. Petri dishes were left to germinate in an incubator (BINDER, GmbH, Germany) setting at 25±2°C temperature. Until the end of the study, 5 ml of salt dose was added to the petri dishes according to the trial subjects for every 48 hours (according to the humidity levels of the seeds in the petri dishes).

Germination controls were applied for every 24 hours during the experiment and the germination test was completed on the 10th day. The observation of at least 2 mm radicle was the germination criterion of the seeds (Scott et al., 1984; Soleymani & Shahrajabian, 2018). Measurements were conducted on ten randomly selected seedlings in each petri dish, and on all germinated plants in petri dishes that did not contain adequate number of seedlings due to salt stress.

Germination and Seedling Growth Assessments

In the study, germination parameters such as germination percentage (GP), mean germination time (MGT), germination index (GI), coefficient of uniformity of germination (CUG), germination energy (GE), and seedling growth parameters such as seedling length (SL), seedling fresh weight (SFW), seedling dry weight (SDW) and seedling vigor index (SVI) were examined.

Equation 1 of Scott et al. (1984) was used for the determination of the GP parameter.

$$GP = (NGS/TS) \times 100 \quad (1)$$

In the equation, *NGS* is the number of normal germinated seeds, *TS* is the total number of utilized seeds.

Mean germination time is used to determine the germination day of seeds and was calculated by Equation 2 (Ellis & Roberts, 1981).

$$MGT = \sum (N_i T_i / N) \quad (2)$$

N_i is the number of seeds germinated on the *T_i* day; *T_i* refers to the number of days from the beginning of germination.

Germination index was calculated with the help of Equation 3 (Wang et al., 2004), CUG by Equation 4 (Bewely & Black, 1994), and GE by Equation 5 (Li et al., 2020).

$$GI = \sum (G_i / T_i) \quad (3)$$

G_i is the germination percentage at the *ith* day, and *T_i* is the days of germination test duration.

$$CUG = \sum n / \sum [(MGT - t)^2 n] \quad (4)$$

t is the time in days starting from day 0, the day of sowing, and *n* is the number of seeds completing germination on day *t*.

$$(T_1 / N) \times 100 \quad (5)$$

In the equation, *T₁* represents the number of seeds germinated on the first day, and *N* represents the total number of seeds.

Seedling length (SL) (cm): At the end of the study, the lengths of seedling were scanned in color with a random selection using an Iscan Color Mini Portable Scanner with a resolution of 600 dpi. The SL parameter was precisely and meticulously measured using (Acikbas et al., 2021) the ImageJ image analysis software (Rueden et al., 2017).

Seedling fresh weight (SFW) and dry weight (SDW) (mg): The SFW was determined at the end of the study by weighing ten randomly selected seedlings from each Petri dish and calculating the average fresh weight of seedlings. Following that, the fresh seedlings were dried in an oven at 70 °C for 48 hours to determine the average SDW.

Seedling vigor index (SVI): It was calculated using Equation 6 as reported by Kalsa & Abebie (2012).

$$SVI = GP \times SDW \text{ (gr)} \quad (6)$$

Statistical Analysis

The obtained data were subjected to analysis of variance according to the completely randomized factorial design. The differences between the means were checked with the TUKEY's HSD multiple comparison test (Açıkgöz & Açıkgöz, 2001). The JMP Pro 14 software was used for statistical calculations.

RESULTS

The variance analysis results for the GP, MGT, CUG, GI, GE, SL, SFW, SDW, and SVI values of the grasspea genotypes considered in the study according to salt stress are presented in Table 1.

Table 1. The variance analysis of the parameters examined in the study

Çizelge 1. Araştırmada incelenen parametrelerin varyans analizi

Factors/Traits	TUKEY value/F probability								
	GP	MGT	CUG	GI	GE	SL	SFW	SDW	SVI
Genotypes (G)	7.57/**	0.63/ns	9.07/**	1.65/**	11.78/**	0.71/**	52.75/**	2.14/**	5.65/**
Salinity (S)	4.57/**	0.38/**	5.48/**	1.00/**	7.14/**	0.44/**	31.99/**	1.29/**	3.41/**
G x S	21.42/**	1.81/**	25.54/**	4.69/**	33.66/**	2.07/**	150.46/**	6.09/**	16.11/**

GP: Germination percentage, MGT: Mean germination time, CUG: Coefficient of uniformity of germination, GI: Germination index, GE: Germination energy, SL: Seedling length, SFW: Seedling fresh weight, SDW: Seedling dry weight and Seedling vigor index, **: p<0.01, ns: no significant difference.

The differences among genotypes for all parameters (except MGT) were found to be statistically significant at the p<0.01 level. Similarly, the differences among salinity levels and genotype x salinity interaction for all parameters were also found to be statistically significant at the p<0.01 level (Table 1).

As a result of the study, increasing salt concentrations were found to decrease germination rates; however, the difference between the control treatment (0 mM) and the 50 and 100 mM salt doses was statistically insignificant, significant decreases occurred from the 150 mM salt dose onwards. Accordingly, the highest germination rate, as the average of genotypes, was determined to be 99.0% and 98.5% in the control (0 mM) and 50 mM applications, respectively, while the lowest value was observed at the highest dose of salt, 200 mM salt concentration (43.2%). When the average results of grasspea genotypes were examined, the highest germination rate was found to be 92.0% in the Sel 668 genotype, on average across salt concentrations, and the difference between Sel 668 genotype and other genotypes except Sel 706, ETH WIR-70, and Gürbüz-2001 genotypes was statistically insignificant in terms of germination rate. The lowest germination rate was determined to be 77.7% on average across salt concentrations in the Gürbüz-2001 cultivar (Table 2).

In the study, it was observed that germination was more delayed with increasing salt concentrations than untreated ones. In this regard, germination occurred on average in 1.35 and 1.38 days in 0 and 50 mM environments, respectively, while in the 100 mM salt concentration, it took 2.19 days, and in 200 mM, the average germination time was 2.98 days (Table 2).

Table 2. Some germination parameters of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 2. Mürdümük genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki bazı çimlenme parametreleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Germination percentage (%)						
IFLS 349	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	96.7±2.9 ^a	85.0±18.0 ^{abc}	60.0±5.0 ^{de}	88.3 ^{AB}
IFLS 257	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	93.3±11.5 ^a	96.7±2.9 ^a	50.0±10.0 ^{def}	87.7 ^{AB}
GAP Mavisi	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±5.8 ^a	96.7±2.9 ^a	36.7±7.6 ^f	85.3 ^{ABC}
Gürbüz-2001	96.7±5.8 ^a	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	86.7±7.6 ^{ab}	8.3±2.9 ^g	77.7 ^D
Sel 706	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	10.0±5.0 ^g	80.3 ^{CD}
Sel 668	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	100.0±0.0 ^a	65.0±13.2 ^{cd}	92.0 ^A
Sel 702	98.3±2.9 ^a	98.3±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	95.0±5.0 ^a	55.0±13.2 ^{def}	88.7 ^{AB}
Sel 1794	100.0±0.0 ^a	96.7±5.8 ^a	91.7±7.6 ^a	95.0±5.0 ^a	66.7±2.9 ^{bcd}	90.0 ^{AB}
ETH-24	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	98.3±2.9 ^a	86.7±18.9 ^{ab}	43.3±12.6 ^{ef}	85.7 ^{ABC}
ETH WIR-70	96.7±5.8 ^a	96.7±2.9 ^a	96.7±2.9 ^a	93.3±2.9 ^a	36.7±5.8 ^f	84.3 ^{BCD}
Average	99.0 ^A	98.5 ^A	96.2 ^{AB}	93.2 ^B	43.2 ^C	
Mean germination time (day)						
IFLS 349	1.17±0.1 ^e	1.37±0.1 ^{cde}	2.51±0.7 ^{b-e}	2.77±0.6 ^{b-e}	3.11±0.6 ^{a-d}	2.18
IFLS 257	1.33±0.2 ^{de}	1.32±0.1 ^{de}	1.96±0.4 ^{b-e}	2.35±0.2 ^{b-e}	3.21±0.3 ^{ab}	2.03
GAP Mavisi	1.44±0.2 ^{b-e}	1.62±0.2 ^{b-e}	2.81±0.4 ^{b-e}	2.55±0.7 ^{b-e}	3.17±0.9 ^{abc}	2.32
Gürbüz-2001	1.64±0.3 ^{b-e}	1.59±0.2 ^{b-e}	2.27±0.2 ^{b-e}	2.52±0.1 ^{b-e}	2.17±0.3 ^{b-e}	2.04
Sel 706	1.22±0.0 ^e	1.39±0.1 ^{cde}	1.93±0.1 ^{b-e}	2.09±0.3 ^{b-e}	2.94±0.6 ^{b-e}	1.91
Sel 668	1.23±0.2 ^e	1.17±0.0 ^e	2.31±0.1 ^{b-e}	2.03±0.3 ^{b-e}	4.81±1.1 ^a	2.31
Sel 702	1.45±0.2 ^{b-e}	1.25±0.1 ^e	1.48±0.1 ^{b-e}	2.07±0.3 ^{b-e}	2.67±0.8 ^{b-e}	1.79
Sel 1794	1.23±0.2 ^e	1.25±0.2 ^e	1.69±0.4 ^{b-e}	2.32±0.3 ^{b-e}	3.12±0.3 ^{a-d}	1.92
ETH-24	1.20±0.1 ^e	1.42±0.2 ^{b-e}	2.74±0.3 ^{b-e}	2.34±0.5 ^{b-e}	2.14±0.4 ^{b-e}	1.97
ETH WIR-70	1.60±0.3 ^{b-e}	1.37±0.2 ^{cde}	2.25±0.4 ^{b-e}	2.31±0.4 ^{b-e}	2.50±0.9 ^{b-e}	2.01
Average	1.35 ^C	1.38 ^C	2.19 ^B	2.34 ^B	2.98 ^A	
Germination index						
IFLS 349	18.11±1.2 ^a	16.44±1.2 ^{ab}	9.83±2.3 ^{b-l}	7.53±1.6 ^{k-p}	4.73±0.2 ^{m-q}	11.33 ^{ABC}
IFLS 257	16.78±1.8 ^a	16.50±1.0 ^{ab}	11.67±2.4 ^{c-k}	9.77±1.2 ^{h-l}	3.79±0.7 ^{opq}	11.70 ^{ABC}
GAP Mavisi	15.73±1.1 ^{a-d}	13.97±0.8 ^{a-i}	8.16±1.1 ^{k-o}	9.41±2.6 ^{i-m}	3.17±0.7 ^{pq}	10.09 ^C
Gürbüz-2001	15.12±1.0 ^{a-f}	14.17±1.4 ^{a-h}	10.91±0.5 ^{e-k}	8.81±0.7 ^{j-n}	1.50±0.5 ^q	10.10 ^C
Sel 706	17.83±0.3 ^a	16.06±1.3 ^{abc}	11.81±1.0 ^{b-k}	11.56±1.5 ^{c-k}	1.39±1.2 ^q	11.73 ^{ABC}
Sel 668	17.78±2.1 ^a	18.11±0.7 ^a	9.64±0.9 ^{h-l}	11.69±1.7 ^{c-k}	4.47±0.8 ^{n-q}	12.34 ^{AB}
Sel 702	15.28±1.6 ^{a-e}	17.28±0.8 ^a	14.78±1.3 ^{a-g}	11.25±2.1 ^{d-k}	4.50±0.0 ^{n-q}	12.62 ^{AB}
Sel 1794	17.67±1.5 ^a	17.22±2.2 ^a	13.48±0.9 ^{a-j}	10.19±0.8 ^{g-l}	5.69±0.4 ^{l-q}	12.85 ^A
ETH-24	17.67±1.2 ^a	15.94±1.6 ^{a-d}	9.04±0.9 ^{h-n}	9.41±2.9 ^{i-m}	4.53±1.1 ^{n-q}	11.32 ^{ABC}
ETH WIR-70	14.83±2.3 ^{a-g}	16.44±1.4 ^{ab}	10.44±1.7 ^{f-k}	9.53±1.7 ^{h-l}	3.56±0.7 ^{opq}	10.96 ^{BC}
Average	16.68 ^A	16.21 ^A	10.98 ^B	9.91 ^C	3.73 ^D	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

Salinity significantly reduced the germination index, germination uniformity coefficient, and germination energy. Significant decreases in the mentioned germination parameters occurred from the 100 mM salt dose onwards, and differences between the 0 mM and 50 mM salt concentration treatments were found to be statistically insignificant. The highest values for germination index, germination uniformity coefficient, and germination energy were observed at these two salt concentrations (respectively, 16.68 and 16.21 for GI; 74.9 and 72.7 for CUG; 69.7 and 64.7 for GE). When differences among grasspea genotypes were examined, the Sel 1794 genotype stood out with the highest values for germination index and germination energy, while the Sel 668, Sel 702, and Sel 1794 genotypes excelled on germination uniformity coefficient. Generally, increasing salt concentration reduced the GI, CUG, and GE values in all genotypes compared to the control (0 mM) and 50 mM (Tables 2 & 3).

The highest seedling length values, as the average of genotypes, were determined in the control (0 mM) and 50 mM salt concentration treatments (9.22 cm each), while the lowest values were observed at the highest dose of salt (200 mM) (1.15 cm). Regarding seedling length, it was found that the Sel 702 genotype had the longest measurement at 7.33 cm. It was grouped with the IFLS 257 and Sel 668 genotypes for seedling length (Table 3).

Table 3. Some germination and seedling length values of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 3. Mürdümük genotiplerinin tuz konsantrasyonlarındaki bazı çimlenme ve fide uzunluğu değerleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Coefficient of uniformity of germination						
IFLS 349	84.2±6.3 ^a	73.5±5.8 ^{a-d}	40.9±6.7 ^{g-p}	31.2±7.0 ^{k-s}	19.6±2.5 ^{n-s}	49.9 ^{ABC}
IFLS 257	75.9±10.3 ^{abc}	74.5±5.3 ^{a-d}	48.9±5.7 ^{d-k}	41.5±5.4 ^{g-o}	15.7±3.8 ^{o-s}	51.3 ^{AB}
GAP Mavisi	68.8±7.4 ^{a-f}	60.8±4.7 ^{a-i}	34.9±6.2 ^{i-r}	39.6±3.8 ^{h-q}	12.3±4.2 ^{r-s}	43.3 ^{BC}
Gürbüz-2001	59.8±8.1 ^{a-j}	62.3±6.7 ^{a-h}	43.5±2.3 ^{f-n}	34.5±2.8 ^{j-r}	7.2±2.5 ^s	41.4 ^C
Sel 706	82.2±1.9 ^a	71.3±5.9 ^{a-e}	50.3±4.6 ^{c-k}	46.8±3.0 ^{e-l}	6.3±2.2 ^s	51.4 ^{AB}
Sel 668	83.0±9.7 ^a	84.1±4.9 ^a	42.0±1.8 ^{g-n}	49.9±3.7 ^{d-k}	14.3±2.4 ^{q-rs}	54.7 ^A
Sel 702	68.6±9.1 ^{a-f}	78.6±4.6 ^{ab}	65.6±6.1 ^{a-g}	46.6±4.3 ^{e-m}	20.8±1.4 ^{m-s}	56.1 ^A
Sel 1794	81.9±9.8 ^a	78.7±4.2 ^{ab}	55.6±5.9 ^{b-k}	41.0±2.2 ^{g-p}	21.5±1.2 ^{l-s}	55.7 ^A
ETH-24	82.1±7.7 ^a	71.3±8.8 ^{a-e}	36.1±3.2 ^{i-r}	39.1±3.1 ^{h-q}	20.4±2.7 ^{n-s}	49.8 ^{ABC}
ETH WIR-70	62.3±5.8 ^{a-h}	72.3±9.9 ^{a-e}	44.1±2.4 ^{f-n}	41.1±6.3 ^{g-p}	15.5±2.3 ^{p-s}	47.1 ^{ABC}
Average	74.9 ^A	72.7 ^A	46.2 ^B	41.1 ^B	15.4 ^C	
Germination energy						
IFLS 349	83.3±10.4 ^a	65.0±8.8 ^{abc}	15.0±2.7 ^{g-j}	5.3±1.3 ^j	6.7±2.9 ^j	35.1 ^{ABC}
IFLS 257	68.3±7.6 ^{abc}	66.7±7.6 ^{abc}	30.0±3.2 ^{d-j}	13.3±2.6 ^{hij}	3.3±0.9 ^j	36.3 ^{ABC}
GAP Mavisi	60.0±8.7 ^{a-e}	43.3±7.6 ^{c-i}	5.3±2.0 ^j	13.3±2.5 ^{hij}	5.0±0.0 ^j	25.4 ^C
Gürbüz-2001	63.3±7.6 ^{a-d}	45.0±3.2 ^{b-h}	23.3±5.3 ^{f-j}	15.0±4.0 ^{g-j}	6.7±2.9 ^j	30.7 ^{BC}
Sel 706	78.3±2.9 ^{ab}	63.3±6.1 ^{a-d}	28.3±5.8 ^{e-j}	28.3±5.8 ^{e-j}	5.0±1.0 ^j	40.7 ^{AB}
Sel 668	78.3±3.6 ^{ab}	83.3±2.9 ^a	13.3±4.6 ^{hij}	25.0±5.2 ^{f-j}	3.7±1.8 ^j	40.7 ^{AB}
Sel 702	55.0±2.8 ^{a-f}	75.0±8.7 ^{abc}	51.7±6.6 ^{a-f}	28.3±5.6 ^{e-j}	1.7±0.5 ^j	42.3 ^{AB}
Sel 1794	76.7±5.3 ^{abc}	76.7±4.4 ^{abc}	48.3±4.4 ^{b-g}	21.7±4.8 ^{f-j}	6.7±2.9 ^j	46.0 ^A
ETH-24	78.3±10.4 ^{ab}	60.0±5.0 ^{a-e}	10.0±2.0 ^j	15.0±4.0 ^{g-j}	6.7±2.9 ^j	34.0 ^{BC}
ETH WIR-70	55.0±7.5 ^{a-f}	68.3±7.4 ^{abc}	16.7±2.6 ^{g-j}	15.0±4.0 ^{g-j}	3.3±0.9 ^j	31.7 ^{BC}
Average	69.7 ^A	64.7 ^A	24.2 ^B	18.0 ^B	4.9 ^C	
Seedling length (cm)						
IFLS 349	7.08±0.6 ^{h-n}	9.87±0.4 ^{a-e}	6.23±0.3 ^{l-o}	4.00±1.0 ^{pq}	1.20±0.1 ^r	5.68 ^{EF}
IFLS 257	11.37±0.7 ^{ab}	8.81±1.1 ^{c-i}	6.80±0.6 ^{l-n}	4.60±0.5 ^{op}	2.06±0.1 ^{qr}	6.73 ^{ABC}
GAP Mavisi	8.98±1.3 ^{c-h}	8.46±0.8 ^{d-k}	5.74±0.6 ^{m-p}	3.87±0.5 ^{pq}	1.08±0.1 ^r	5.62 ^{EF}
Gürbüz-2001	7.68±0.7 ^{f-m}	9.32±0.0 ^{b-g}	5.91±0.5 ^{m-p}	3.96±0.5 ^{pq}	0.56±0.1 ^r	5.49 ^F
Sel 706	10.24±0.5 ^{a-d}	8.94±0.8 ^{c-h}	6.48±1.0 ^{k-o}	6.16±1.2 ^{l-o}	0.71±0.1 ^r	6.51 ^{BCD}
Sel 668	11.40±0.7 ^a	9.30±1.1 ^{b-g}	8.73±0.3 ^{c-j}	5.36±0.6 ^{nop}	1.25±0.0 ^r	7.21 ^{AB}
Sel 702	9.62±0.9 ^{a-f}	10.73±0.9 ^{abc}	8.49±0.1 ^{d-k}	6.38±0.3 ^{l-o}	1.42±0.0 ^r	7.33 ^A
Sel 1794	8.00±0.2 ^{e-l}	9.43±0.7 ^{a-f}	7.00±0.4 ^{h-n}	5.42±0.1 ^{nop}	1.34±0.1 ^r	6.24 ^{CDE}
ETH-24	8.60±0.6 ^{d-j}	9.53±0.3 ^{a-f}	6.72±0.3 ^{l-n}	6.28±0.1 ^{l-o}	1.21±0.1 ^r	6.47 ^{CD}
ETH WIR-70	9.27±1.3 ^{c-g}	7.80±0.6 ^{e-m}	7.35±0.9 ^{g-n}	4.08±0.1 ^{pq}	0.65±0.0 ^r	5.83 ^{DE}
Average	9.22 ^A	9.22 ^A	6.94 ^B	5.01 ^C	1.15 ^D	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

The values for seedling fresh and dry weights and seedling vigor index are given in Table 4. When Table 4 is examined, the highest values for seedling fresh weight and seedling vigor index, as the average of genotypes, were determined in the control group (521.8 mg and 51.5, respectively), while the lowest values were observed at the highest dose of salt (200 mM) (202.1 mg and 9.1, respectively). It was found that IFLS

257 and ETH WIR-70 genotypes had the highest values for seedling fresh weight and seedling vigor index, on average across salt concentrations. When seedling dry weight was evaluated, the highest dry weights were reached at 0 and 50 mM concentrations as the average of genotypes, while the lowest dry weight values were observed when reaching the 200 mM dose. When their genotypes examined, the highest seedling dry weight values were found in the ETH WIR-70 genotype with 18.2 mg. The lowest values were determined in the IFLS 349 (13.1 mg), GAP Mavisi (12.9), and Gürbüz-2001 (12.6 mg) genotypes (Table 4).

Table 4. Some seedling development parameters of grasspea genotypes at different salt concentrations

Çizelge 4. Mürdümük genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki bazı fide gelişim parametreleri

Genotypes	Salt concentration (mM, NaCl)					Average
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	
Seedling fresh weight (mg)						
IFLS 349	494.8±43.3 ^{a-h}	380.2±32.1 ^{f-n}	391.7±9.5 ^{e-n}	335.4±33.4 ^{t-o}	268.1±18.7 ^{m-s}	374.0 ^{BC}
IFLS 257	555.6±31.6 ^{abc}	475.5±21.2 ^{a-j}	490.0±23.0 ^{a-h}	386.1±40.0 ^{f-n}	327.4 ±32.2 ^{i-p}	446.9 ^A
GAP Mavisi	439.7±6.0 ^{c-l}	441.3±36.9 ^{b-l}	409.4±34.1 ^{c-m}	372.5±16.2 ^{g-n}	156.7 ±16.1 ^s	363.9 ^{BC}
Gürbüz-2001	483.4±14.8 ^{a-i}	527.8±49.8 ^{a-f}	381.9±33.8 ^{f-n}	380.1±28.5 ^{f-n}	172.0 ±33.4 ^{qrs}	389.1 ^{BC}
Sel 706	543.5±8.8 ^{a-d}	382.4±30.6 ^{f-n}	364.7±28.4 ^{g-n}	349.7±31.2 ^{h-o}	178.0±20.0 ^{p-s}	363.7 ^{BC}
Sel 668	591.0±38.7 ^{ab}	475.4±44.5 ^{a-j}	427.1±58.9 ^{c-l}	333.9±17.2 ^{t-o}	246.4 ±28.3 ^{n-s}	414.8 ^{AB}
Sel 702	512.5±42.0 ^{a-g}	542.2±57.7 ^{a-e}	402.1±33.0 ^{d-m}	354.5±18.7 ^{h-o}	145.7±18.8 ^s	391.4 ^{BC}
Sel 1794	495.6±13.0 ^{a-h}	390.5±54.1 ^{f-n}	387.2±37.7 ^{f-n}	308.3±32.9 ^{l-r}	146.0± 21.0 ^s	345.5 ^C
ETH-24	497.1±26.5 ^{a-h}	457.8±52.7 ^{a-l}	321.9±42.3 ^{k-q}	385.7±3.5 ^{f-n}	166.7± 12.9 ^s	365.8 ^{BC}
ETH WIR-70	605.2±31.4 ^a	555.4±63.1 ^{abc}	463.6±31.5 ^{a-k}	412.7±41.9 ^{c-m}	213.9±33.4 ^{o-s}	450.2 ^A
Average	521.8 ^A	462.9 ^B	404.0 ^C	361.9 ^D	202.1 ^E	
Seedling dry weight (mg)						
IFLS 349	18.9±1.4 ^{a-j}	18.8±3.1 ^{a-j}	13.1±2.7 ^{i-p}	9.9±0.6 ^{n-s}	4.8±0.4 ^{q-t}	13.1 ^E
IFLS 257	24.7±1.3 ^a	18.6±1.3 ^{a-j}	15.4±2.7 ^{f-n}	13.3±2.1 ^{i-p}	7.5±0.8 ^{p-t}	15.9 ^{BCD}
GAP Mavisi	16.9±2.0 ^{d-l}	17.2±2.4 ^{c-k}	14.0±2.3 ^{h-o}	10.7±1.6 ^{m-r}	5.5±0.5 ^{q-t}	12.9 ^E
Gürbüz-2001	19.3±3.7 ^{a-i}	16.2±1.2 ^{e-m}	12.0±2.0 ^{k-p}	10.8±1.2 ^q	4.7±0.3 ^{v-t}	12.6 ^E
Sel 706	22.3±1.0 ^{a-e}	22.5±3.0 ^{a-d}	15.7±2.0 ^{f-n}	12.2±1.8 ^{k-p}	4.6±0.7 st	15.5 ^{BCD}
Sel 668	24.3±0.7 ^a	24.1±0.9 ^a	16.4±3.1 ^{d-m}	13.8±0.7 ^{h-o}	3.6±0.4 ⁱ	16.4 ^{ABC}
Sel 702	23.2±2.0 ^{abc}	23.7±3.3 ^{ab}	17.7±0.3 ^{b-k}	14.6±2.1 ^{f-n}	7.6±0.7 ^{p-t}	17.4 ^{AB}
Sel 1794	17.4±0.9 ^{c-k}	18.0±1.4 ^{b-k}	14.0±2.2 ^{h-o}	12.4±0.6 ^{k-p}	8.4±1.3 ^{o-t}	14.0 ^{DE}
ETH-24	20.4±1.5 ^{a-g}	20.6±1.5 ^{a-f}	14.4±3.6 ^{g-o}	13.5±0.6 ^{i-p}	3.8±0.2 ^l	14.5 ^{CDE}
ETH WIR-70	24.6 ±2.7 ^a	23.8±1.6 ^{ab}	19.8±0.2 ^{a-h}	14.4±2.3 ^{g-o}	8.5±1.1 ^{o-t}	18.2 ^A
Average	21.2 ^A	20.4 ^A	15.3 ^B	12.6 ^C	5.9 ^D	
Seedling vigor index						
IFLS 349	48.8±2.2 ^{a-i}	38.0±1.2 ^{e-l}	37.9±2.1 ^{e-l}	28.4±2.8 ^{lm}	16.1±2.4 ^{mn}	33.8 ^{BC}
IFLS 257	55.6±3.2 ^{ab}	46.7±1.9 ^{a-j}	46.0±2.7 ^{a-j}	37.2±2.4 ^{e-l}	16.3±3.3 ^{mn}	40.4 ^A
GAP Mavisi	43.3±1.8 ^{a-l}	43.5±2.8 ^{a-l}	39.7±3.2 ^{b-l}	36.0±1.2 ^{f-l}	5.7±1.1 ⁿ	33.6 ^C
Gürbüz-2001	46.8±3.9 ^{a-j}	52.0±2.8 ^{a-f}	37.6±4.1 ^{e-l}	32.8±1.6 ^{l-l}	1.5±0.7 ⁿ	34.1 ^{BC}
Sel 706	54.4±0.9 ^{a-d}	37.5±1.9 ^{e-l}	35.2±2.8 ^{g-l}	33.8±2.8 ^{h-l}	1.8±1.1 ⁿ	32.6 ^C
Sel 668	59.1±2.9 ^a	46.7±5.0 ^{a-j}	41.3±3.4 ^{b-l}	33.4±1.7 ^{h-l}	16.3±2.9 ^{mn}	39.3 ^{AB}
Sel 702	50.5±4.5 ^{a-g}	53.3±6.0 ^{a-e}	38.8±2.9 ^{c-l}	33.6±0.6 ^{h-l}	8.1±2.6 ⁿ	36.9 ^{ABC}
Sel 1794	49.6±1.3 ^{a-h}	37.8±4.6 ^{e-l}	35.3±3.0 ^{g-l}	29.2±1.6 ^{klm}	9.7±1.4 ⁿ	32.3 ^C
ETH-24	48.9±2.2 ^{a-i}	45.8±5.3 ^{a-j}	31.6±3.3 ^{j-m}	33.4±2.1 ^{i-l}	7.1±1.6 ⁿ	33.4 ^C
ETH WIR-70	58.4±2.0 ^a	54.7±4.7 ^{abc}	44.8±1.8 ^{a-k}	38.4±2.9 ^{d-l}	8.1±2.3 ⁿ	40.9 ^A
Average	51.5 ^A	45.6 ^B	38.8 ^C	33.6 ^D	9.1 ^E	

Values within a group denoted by different letters are significantly different at $p \leq 0.01$.

It was determined that genotype x salinity interactions had significant effects on all germination and seedling parameters investigated (Table 1). According to these examined germination and seedling development parameters, it is believed that the interaction arises from the differential effects of salt

concentrations on genotypes, with some genotypes being more affected than others by this effect, while some genotypes are more resistant to salt. Additionally, another reason is that as salt concentrations increase, there was a decreasing trend in the examined parameters across all genotypes in general. However, some genotypes exhibited fluctuating trends and significant increases compared to the control, which contributed to the significance of the interaction (Tables 2-4).

DISCUSSION

Salinity, particularly among abiotic stresses, significantly limits crop productivity and causes economic losses to farmers (Garg et al., 2016; Ahanger et al., 2017). Salinity exhibits its adverse effects on plants in several ways; among these, high salt concentration in the soil severely affects the water uptake capacity of plant roots, rendering the plant more vulnerable (Saxena et al., 2019). This leads to the suppression of many physiological and biochemical processes within plants, diminishing nutrient uptake and assimilation, growth, development, and production, thereby demonstrating its toxic effect (Hasegawa et al., 2000; Munns & Tester, 2008). Understanding plant responses under different stress conditions and developing stress-tolerant plants are crucial for sustainable agriculture. It has been reported that salt-tolerant crops would be a significant avenue in achieving sustainability goals in the current agricultural system (Flowers, 2004; Munns & Tester, 2008; Ali et al., 2019).

In the study, significant decreases were observed in all germination parameters examined, both in all investigated grasspea genotypes and in the average results of genotypes, with increasing salt concentrations. Researchers have reported that the decreases in germination parameters due to salt concentration are attributed to the prevention of seed water uptake at high salt concentrations and embryo poisoning due to the toxic effects of some ions (Dan & Brix, 2007; Tavili & Biniaz, 2009; Ceritoğlu et al., 2020; Chen et al., 2020; Dere, 2021; Açıkbaş et al., 2023). The findings obtained for germination parameters, especially germination rate, are consistent with studies conducted on grasspea plants subjected to salt stress (Mahdavi & Sanavy, 2007; Fallahi et al., 2015; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Moghaddam et al., 2020; Tokarz et al., 2020; Açıkbaş & Özyazıcı, 2021). Significant differences were observed among grasspea genotypes for all examined germination parameters in the study. This variation is attributed to the genotypic structure of the varieties, as indeed, numerous studies have found high genotypic variation among genotypes in terms of salt tolerance in their species, and different responses of genotypes concerning of germination parameters (Ahmed et al., 2014; Shakeri & Emam, 2017; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Rajabi Dehnavi et al., 2020).

Average germination time is a parameter indicating how quickly seeds germinate (Bijan-zadeh & Egan, 2018), and in the study, it was found that the average germination time increased with increasing salt content in all investigated grasspea genotypes, showing significant variations among genotypes. Some studies with different plant species and genotypes have also reported that salt doses extend the germination time, and there are differences among genotypes regarding average germination time (Okçu et al., 2005; Almodares et al., 2007; Rajabi Dehnavi et al., 2020).

The evaluated seedling parameters, including seedling length, seedling fresh and dry weights, as well as germination rate and seedling vigor index calculated based on seedling fresh weight, showed a decrease in response to increasing salt concentrations. There were differences in the responses of genotypes to salt stress (Tables 3 & 4). Although some varieties exhibited high germination rates, the effects of salt stress on seedling development characteristics-particularly on the affected organs-became more pronounced. This provided clearer insight into the developmental trajectory related to salt tolerance. Many studies conducted with leguminous forage crops exposed to salt stress (Okçu et al., 2005; Kondetti et al., 2012; Day & Uzun, 2016; Arslan & Aydınlioğlu, 2018; Ivani et al., 2018; Ahmed et al., 2023) have also reported results supporting the negative impact of increasing salt concentrations on seedling development parameters and the differential effects observed in the genotypes used in the study.

CONCLUSION

In conclusion, it was determined that common grasspea genotypes were significantly affected by increasing salt concentrations in terms of germination parameters from 50 mM salt dose onwards. Regarding seedling parameters, grasspea genotypes were affected after 50 mM salt concentration in regard to seedling length and seedling dry weight, while other seedling parameters were adversely affected even at the lowest salt dose.

It was observed that genotypes exhibited different responses regarding salt tolerance and resilience across all examined germination and seedling development parameters. Generally, it was found that some of the used genotypes were more resilient in germination and seedling development parameters under salt stress compared to varieties, indicating promising genotypes. While different genotypes stood out in the examined parameters individually, when all parameters were considered together, the Sel 668 genotype is predicted to be a potential new variety candidate due to its resilience to salinity and its performance in germination and seedling development. In this regard, salinity is becoming an increasingly problematic issue, and it is necessary to define the performance of salt-tolerant grasspea genotypes under field conditions.

Data Availability

All data related to the study are presented within the manuscript.

Author Contributions

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

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

Ethical Statement

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

Financial Support

This research was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the framework of the 2209-A University Students Research Projects Support Program, with project number 1919B012311926. The authors would like to thank TÜBİTAK for the financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK.

REFERENCES

- Acikbas, S., M.A. Özyazıcı & H. Bektas, 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). *Legume Research-An International Journal*, 44 (4): 407-412.
- Açıkbaş, S. & M.A. Özyazıcı, 2021. "The effects of silicon priming application on germination in common grasspea (*Lathyrus sativus* L.), 404-412". 3rd International African Conference on Current Studies, (27-28 February, Abomey-Calavi, Benin), Vol. III, 625 pp.
- Açıkbaş, S., M.A. Özyazıcı, E. Bıçakçı & G. Özyazıcı, 2023. Germination and seedling development performances of some soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars under salinity stress. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 4 (2): 108-118.
- Açıkğöz N. & N. Açıkğöz 2001. Common mistakes in the statistical analyzes of agricultural experiments I. Single factorials. *Anadolu*, 11 (1): 135-147.

- Ahanger, M.A., N.A. Akram, M. Ashraf, M.N. Alyemeni, L. Wijaya & P. Ahmad, 2017. Plant responses to environmental stresses-From gene to biotechnology. *AoB Plants*, 9: plx025.
- Ahmadi, J., B. Vaezi & A. Pour-Aboughadareh, 2015. Assessment of heritability and relationships among agronomic characters in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) under rainfed conditions. *Biharean Biologist*, 9 (1): 29-34.
- Ahmed, B., M. Sultana, M.R. Karim, T. Halder & M.M. Rahman, 2014. Screening of grasspea (*Lathyrus sativus*) genotypes against salinity. *International Journal of Biological Research*, 17: 48-54.
- Ahmed, R., M.M. Islam, H.M.U. Sarker, M. Hasan, M.R. Hossain, A. Shila & R. Ahammed, 2023. Morphological responses of three contrasting soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes under different levels of salinity stress in the coastal region of Bangladesh. *Journal of Plant Stress Physiology*, 9: 18-26.
- Ali, R., R. Ali, S.M. Sundas, Z. Xiling, Z. Xuekun, L. Yan & X. Jinsong, 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants*, 8: 34.
- Almodares, A., M.R. Hadi & B. Dosti, 2007. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (8): 1492-1495.
- Anderson, R., P.E. Bayer & D. Edwards, 2020. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, 56: 197-202.
- Arshad, N., S. Akhtar, T. Ismail, W. Saeed, M. Qamar, F. Özogul, E. Bartkiene & J.M. Rocha, 2023. The comparative effect of lactic acid fermentation and germination on the levels of neurotoxin, anti-nutrients, and nutritional attributes of sweet blue pea (*Lathyrus sativus* L.). *Foods*, 12 (15): 2851.
- Arslan, M. & B. Aydınoglu, 2018. Effect of salinity (NaCl) stress on germination and seedling growth characteristics in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Academic Journal of Agriculture*, 7 (1): 49-54.
- Bewely, J.D. & M. Black, 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer New York, NY, USA, 445 pp.
- Bijanzadeh, E. & T.P. Egan, 2018. Silicon priming benefits germination, ion balance, and root structure in salt-stressed durum wheat (*Triticum durum* desf.). *Journal of Plant Nutrition*, 41 (20): 2560-2571.
- Ceritoğlu, M., M. Erman & F. Yıldız, 2020. Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedlings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4 (1): 82-96.
- Chen, T., I.M.G. Pineda, A.M. Brand & H. Stützel, 2020. Determining ion toxicity in cucumber under salinity stress. *Agronomy*, 10 (5): 677.
- Cocks, P., K. Siddique & C. Hanbury, 2000. "Lathyrus A New Grain Legume, 5-15". A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Faculty of Agriculture, The University of Western Australia, Nedlands, WA (6907).
- Dan, T.H. & H. Brix, 2007. The influence of temperature, light, salinity and seed pre-treatment on the germination of sesbania sesban seeds. *African Journal of Biotechnology*, 6 (19): 2231-2235.
- Day, S. & S. Uzun, 2016. Impact of different NaCl doses on germination and early seedling growth of common vetch cultivars (*Vicia sativa* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (8): 636-641.
- Dere, S., 2021. The Effects of different salt concentration pretreatments on germination and seedling growth parameters in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (Special Issue): 3324-3335.
- Ellis, R.A. & E.H. Roberts, 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9 (2): 373-409.
- Fagodiya, R.K., S.K. Malyan, D. Singh, A. Kumar, R.K. Yadav, P.C. Sharma & H. Pathak, 2022. Greenhouse gas emissions from salt-affected soils: Mechanistic understanding of interplay factors and reclamation approaches. *Sustainability*, 14: 11876.
- Fallahi, H.R., G. Fadaeian, M. Gholami, O. Daneshkhah, F.S. Hosseini, M. Aghavani-Shajari & A. Samadzadeh, 2015. Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science*, 71 (1): 97.
- Feyzi, S., E. Milani & Q.A. Golimovahhed, 2018. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) protein isolate: The effect of extraction optimization and drying methods on the structure and functional properties. *Food Hydrocolloids*, 74: 187-196.
- Flowers, T.A., 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55 (396): 307.

- Garg, R., R. Shankar, B. Thakkar, H. Kudapa, L. Krishnamurthy, N. Mantri, R.K. Varshney, S. Bhatia & M. Jain, 2016. Transcriptome analyses reveal genotype-and developmental stage-specific molecular responses to drought and salinity stresses in chickpea. *Scientific Reports*, 6: 19228.
- Gonçalves, L., D. Rubiales, M.R. Bronze & M.C. Vaz Pato, 2022. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.)-A sustainable and resilient answer to climate challenges. *Agronomy*, 12 (6): 1324.
- Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu & H.J. Bohnert, 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology*, 51: 463-499.
- Ivani, R., S.H. Sanaei Nejad, B. Ghahraman, A.R. Astarai & H. Feizi, 2018. Role of bulk and nanosized SiO₂ to overcome salt stress during fenugreek germination (*Trigonella foenum-graceum* L.). *Plant Signaling & Behavior*, 13 (7): e1044190.
- Kalsa, K.K. & B. Abebie, 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp, *dasycarpa* (Ten.). *African Journal of Agricultural Research*, 7 (21): 3202-3208.
- Kondetti, P., N. Jawali, S.K. Apte & M.G. Shitole, 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties at germination and early seedling growth. *Annals of Biological*, 3 (3): 1489-1498.
- Kumar, G. & R. Tripathi, 2008. Lead-induced cytotoxicity and mutagenicity in grass pea. *Turkish Journal of Biology*, 32 (2): 73-78.
- Lambein, F., S. Travella, Y.H. Kuo, M. Van Montagu & M. Heijde, 2019. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food?. *Planta*, 250: 821-838.
- Li, W., H. Zhang, Y. Zeng, L. Xiang, Z. Lei, Q. Huang, T. Li, F. Shen & Q. Cheng, 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10 (1): 1-9.
- Mahdavi, B. & S.A.M.M. Sanavy, 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (2): 273-279.
- Moghaddam, S.S., A. Rahimi, L. Pourakbar & F. Jangjoo, 2020. Seed Priming with salicylic acid improves germination and growth of *Lathyrus sativus* L. under salinity stress. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30 (1): 68-79.
- Munns, R. & M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651- 681.
- Okçu, G., M.D. Kaya & M. Atak, 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29 (4): 237-242.
- Omid, M., A. Khandan-Mirkohi, M. Kaf, Z. Zamani, L. Ajdarian & M. Babaei, 2022. Biochemical and molecular responses of *Rosa damascena* Mill. cv. Kashan to salicylic acid under salinity stress. *BMC Plant Biology*, 22: 373.
- Özyazıcı, M.A. & S. Açıkbaz, 2021. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Turkish Journal of Agriculture Research*, 8 (2): 133-143.
- Parida, A.K. & A.B. Das, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. A-review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Rajabi Dehnavi, A., M. Zahedi, A. Ludwiczak, S. Cardenas Perez & A. Piernik, 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *Agronomy*, 10 (6): 859.
- Rueden, C.T., J. Schindelin, M.C. Hiner, B.E. DeZonia, A.E. Walter, E.T. Arena & K.W. Eliceiri, 2017. ImageJ2: Imagej for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18 (1): 529.
- Saxena, R., M. Kumar & R.S. Tomar, 2019. Plant responses and resilience towards drought and salinity stress. *Plant Arch*, 19: 50-58.
- Scott, S.J., R.A. Jones & W.A. Williams, 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24 (6): 1192-1199.
- Shakeri, E. & Y. Emam, 2017. Selectable traits in sorghum genotypes for tolerance to salinity stress. *Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology*, 19 (6): 1319-1332.
- Soleymani, A. & M.H. Shahrajabian, 2018. Changes in germination and seedling growth of different cultivars of cumin to drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 1 (173): 91-100.

- Tavili, A. & M. Biniyaz, 2009. Different salts effects on the germination of *Hordeum vulgare* and *Hordeum bulbosum*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (1): 63-68.
- Tokarz, B., T. Wójtowicz, W. Makowski, R.J. Jędrzejczyk & K.M. Tokarz, 2020. What is the difference between the response of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to salinity and drought stress?-A physiological study. *Agronomy*, 10 (6): 833.
- Wang, Y.R., L. Yu, Z.B. Nan & Y.L. Liu, 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Sciences*, 44 (2): 535-541.
- Xu, Q., B. Song, F. Liu, Y. Song, P. Chen, S. Liu & H. B. Krishnan, 2018. Identification and characterization of β -Lathyrin, an abundant glycoprotein of grass pea (*Lathyrus sativus* L.), as a potential allergen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (32): 8496-8503.
- Zörb, C., C.M. Geilfus & K.J. Dietz, 2019. Salinity and crop yield. *Plant Biology*, 21 (Suppl. 1): 31-38.



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):437-447
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1480768>

Taner AKKAN ^{1*}

Mehmet ÇETİN ²

Lütfiye Özlem AKKAN ³

¹ Dokuz Eylül University, İzmir Vocational School, Department of Electronics and Automation, Mechatronics Program, 35380, Buca, İzmir, Turkey

² Ege University, Bergama Vocational Training School, Mushroom Program, 35700, Bergama, İzmir, Turkey

³ Dokuz Eylül University, İzmir Vocational School, Department of Electronics and Automation, Electronics Communication Technology Program, 35380, Buca, İzmir, Turkey

* Corresponding author (Sorumlu yazar):
taner.akkan@deu.edu.tr

Keywords: Light dosing control, mushroom growth, oyster mushroom, visible lights

Anahtar sözcükler: Işık dozaj kontrolü, istiridye mantarı, görünür ışıklar, mantar gelişimi

The effect of different light wavelengths and lighting duration on the yield and quality of *Pleurotus ostreatus* mushroom

Farklı ışık dalga boyları ve aydınlatma süresinin *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve kalitesine etkisi

Received (Alınış): 08.05.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 25.10.2024

ABSTRACT

Objective: The study investigated the effect of period of lighting or lighting duration at different wavelengths on the yield and quality of *Pleurotus ostreatus* mushroom.

Materials and Methods: In order to realise this objective, four light colours representing different wavelengths during the production process were applied to the mushrooms using a microcontroller-based automation system with determined time intervals.

Results: Different wavelengths of visible light had no significant effect on the yield and earliness of *Pleurotus ostreatus* mushrooms, but blue light affected fruiting body size.

Conclusion: Mushroom quality can be improved by lighting duration of appropriate colour. More detailed studies are needed to determine the effects of different wavelengths on mushroom nutrients and bioactive content.

ÖZ

Amaç: Çalışmanın amacı, farklı dalga boyları ve ışıklandırma süresinin (veya aydınlatma süresinin) *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve kalitesi üzerine etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem: Bu amacı gerçekleştirmek için üretim sürecinde farklı dalga boylarını temsil eden dört farklı ışık rengi, belirlenen zaman aralıkları ile mikrodenetleyici tabanlı otomasyon sistemi kullanılarak mantarlara uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Görünür ışıkların farklı dalga boyları, *Pleurotus ostreatus* mantarının verim ve erkenciliği üzerine belirgin bir etkisi olmasa da mavi ışığın şapka boyutları üzerinde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Sonuç: Mantar kalitesi uygun renkte ışıklandırma süresi ile artırılabilir. Farklı dalga boylarının mantar besin içeriği ve biyoaktif içeriğine etkilerinin de belirleneceği daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

INTRODUCTION

Mushrooms are one of the most important option in human dietary diversity. The fact that mushrooms can be grown quickly and are easily available, which important reasons for their preference, as well as their nutritional values are similar to other animal foods. As mushrooms are rich in vitamin D and this is particularly important for bone and muscle structure, it is recommended to consume a certain amount (Taofiq et al., 2017).

Many studies have been carried out to determine the parameters on which this significant food source depends in mushroom production. Studies have revealed that some mushrooms are sensitive to light and that yield and quality increase in direct proportion to the light (Roshita & Goh, 2018; Zhang et al., 2021). The formation of fruiting bodies of edible mushrooms is closely related to light. Light plays an important role in the growth and metabolism of edible mushrooms; It effects the mycelium growth, primordium formation, morphology of fruiting bodies (cap and color formation), and also regulates the physiological and biochemical process and nutrient metabolism of edible mushrooms (Roshita & Goh, 2018; Marim et al., 2020; Ye et al., 2021). Effecting of photosensitive proteins by light sometimes reveals wide effects on gene structure (Fuller et al., 2015). There are many effects of light, including the impact of different wavelengths on mushrooms, the behavior of light on various fungal species (Poyedinok et al., 2015), the effects of varying light duration on the product, and the developmental stage of the fungus (Nakano et al., 2010). The light effects not only the yield or physical but also on the content of bioactive components according to the study conducted by Zawadzka et al. (2022). Especially the duration of the light given to the product is also important.

Pleurotus species are highly valued as edible mushrooms with significant commercial importance worldwide. In addition to their high nutritional value, *Pleurotus* spp. have an important place in nutraceutical science with their medical uses as anticancer, anti-cardiovascular diseases, antidiabetes, antioxidant and hepatoprotective (Khan & Tania, 2012). This group comprises various species such as *Pleurotus ostreatus*, *P. sajor-caju*, *P. cystidiosus*, *P. cornucopiae*, *P. pulmonarius*, *P. tuberregium*, *P. sapidus*, *P. citrinopileatus*, and *P. flabellatus*, which are cultivated in temperate and subtropical regions globally. The cultivation of *Pleurotus* species offers numerous benefits, including fast mycelial growth, strong saprophytic colonization capabilities, easy and cost-effective cultivation methods, and a variety of species that can thrive in different climates. Recently, the commercial value of *Pleurotus* species has significantly increased due to these advantages (Zervakis & Balis, 1996). The mycelium of mushrooms from the *Pleurotus* genus does not require light for its growth (Sharma, 2004), nevertheless, light is necessary for the proper development of carpophores (Royse, 1991). Trukhonovets (1991) maintains that during the period of carpophore development and growth, light is an important factor in deciding about yielding and morphological characteristics of fruiting bodies.

Visible lights are located in the electromagnetic radiation spectrum, between infrared and ultraviolet lights (Anonymous, 2024). Visible light bands from red to violet are the colours seen by human beings (Figure 1). These light bands are also effective in the growth of plants. Similarly, the effects of light on mushroom quality have also been proven by some studies in the literature (Kap-Duk, 2000; Wu et al., 2013; Wang et al., 2020; Ryu et al., 2023). Different types of light likely have effects on the yield as well as the quality of *P. ostreatus*. Within the scope of this research, it was aimed to determine the effect of different light types on the yield and physical characteristics of *P. ostreatus* such as fruit body colour and size by using a computer-controlled automation system designed to physically operate the light sources.

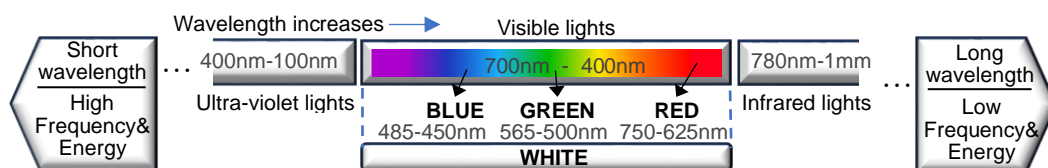


Figure 1. The light bands in electromagnetic spectrum.

Şekil 1. Elektromanyetik spektrumdaki ışık bantları.

MATERIALS and METHODS

Materials

The mushroom growing substrate used in the experiment was obtained from Asva Agriculture Ltd. Co. (Kemalpaşa, İzmir). The mushroom strain used in the experiment was the "3002" strain of the commercial "Amycel" company related to *Pleurotus ostreatus* species.

The electronic automation system in the study was used for the timing of colour lights at the desired time interval and duration. It drives two 16-channel relay card modules to control direct current (DC) LED strips installed on up to 32 different lighting zones. The automation system has a microcontroller board, real-time-clock (RTC) module, parameter storage electrically-erasable programmable read only memory (EEPROM) chip, microSD card module for data logging, RS485 module (MAXIM, 2003) for MODBUS communication for remote control, an operator panel as human machine interface (HMI), a personal computer (PC) power supply, and two 16 channel relay module boards.

The microcontroller board was selected as Arduino Mega 2560 R3 because it has plenty of digital input output ports and four RS232 channels (ARDUINO, 2024). For timing the current date and time data was acquired from DS3231 RTC module (Anonymous, 2015). The RTC module has also AT24C32 EEPROM chip (MICROCHIP, 2003) and it is used to store and retrieve of zone active lighting time and the time period data. The micro-SD card module [ref] was also connected to the Arduino Mega 2560 R3 board for data logging. RS485 module was used to convert Arduino mega RS232 serial channel to RS485 MODBUS communication protocol (Yue, 2020) using a Weintek Easyview Operator panel as a remote terminal unit (RTU) (WEINTEK, 2017). 16 channel relay card (Anonymous, 2018) was an optically isolated digital 5V input controlled module and was usually used for automation for Arduino boards, Raspberry Pi boards and programmable logic controllers (PLCs) (Anonymous, 2011). SMD5050 is an LED chip that it can create light in different colours with 3 different RGB colour inputs (Anonymous, 2023). SMD 5050 contains three LEDs in a 5.0mm x 5.0mm area. Thus, an SMD5050 LED produces three times more light than a single-diode SMD3528 chip. Therefore, it is mainly used as "area lighting" and can replace lamps or LEDs used for room or indoor lighting. Figure 2 shows SMD 5050 RGB LED chip and RGB LED module.



Figure 2. SMD 5050 RGB LED chip (left) and RGB LED module (right).

Şekil 2. SMD 5050 RGB LED çipi (solda) ve RGB LED modülü (sağda).

The electronic system hardware schematic was given in Figure 3. The schematic shows the necessary electronic components and their connections. The control software initialized RTC3231 module, AT24C32 EEPROM chip, microSD card module, RS485 module, and 32 channel relay with initial values. Then, RTC date and time values were read from RTC module, and the zone relays timings and activation time parameters were read from EEPROM chip. RS485 operator panel poll operation was performed to change zone time values and update the EEPROM values. Finally, relays were controlled one by one to light colour LED strips because their pre-determined times. That control loop continued to the point that the operator stops the automation.

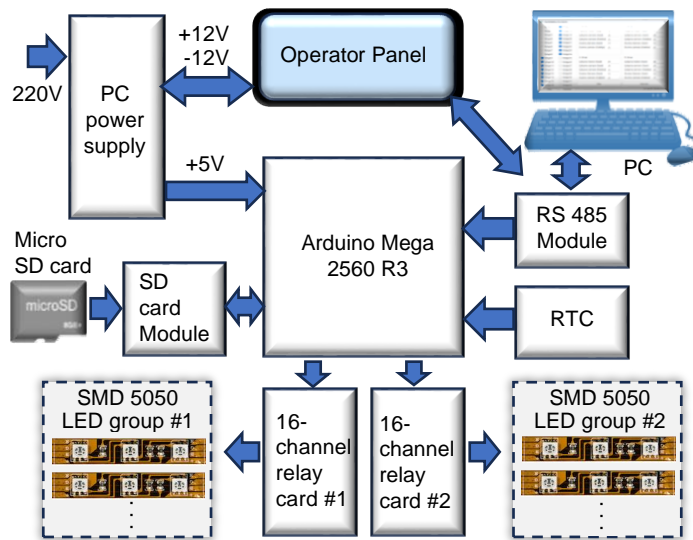


Figure 3. The electronic system hardware schematic.

Şekil 3. Elektronik sistem donanım şeması.

Method

The general algorithm of the control software was given in Figure 4.

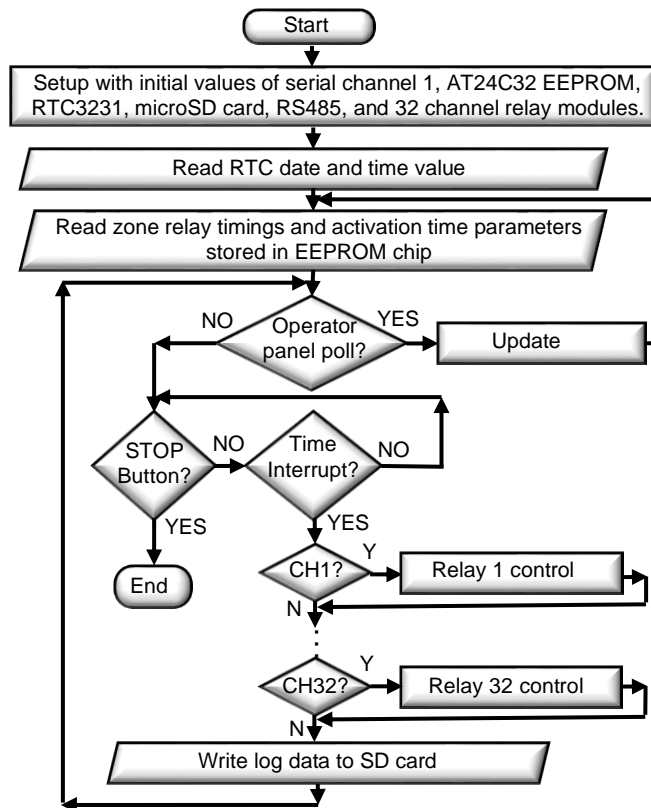


Figure 4. The algorithm of the control software.

Şekil 4. Kontrol yazılımının algoritması.

The cultivation studies were carried out in the mushroom production rooms of Ege University Bergama Vocational School, which have computer-controlled automation systems. The spawn inoculated growing substrates were placed on the shelves in the production rooms depending on the light colour and lighting duration according to the random blocks experimental design with 8 replications for each application. In the study, each compost bag weight was prepared as 4 kg and the bags were inoculated with 3% (w:w) spawn. During the mycelial development period, the temperature of the production rooms was set at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, humidity was kept at 85-90%, and fresh air was not supplied during this period (Figure 5).



Figure 5. A photo from the production room.

Şekil 5. Üretim odasından bir fotoğraf.

After the completion of mycelial development, the lightening was applied for 8 and 12 hours with white, red, blue, and green coloured LED lamps depending on the application to support the formation of outline and caps (Table 1). The application areas were surrounded with black bags to not be affected by each other. Furthermore, a control application using a fluorescent lamp was conducted for a duration of 8 hours (Atila, 2017). During this period, the room temperature was adjusted to $16-18^{\circ}\text{C}$, and the humidity was maintained at 85-90%. Maintenance procedures such as ventilation were carried out (Stamets, 1993). In this research, the total amount of the product obtained from each unit in a production period was calculated over 4 kg substrates and determined as total yield (g). The number of days until pinhead initiation, the number of days until the first harvest and the total number of mushrooms were determined. Average mushroom weight, cap diameter, stem diameter and stem length were determined.

Table 1. Light colours and duration of lighting used in the experiment

Çizelge 1. Denemede kullanılan ışık renkleri ve aydınlatma süreleri

Application code	Duration of lighting (hours)	Colour
Control	8	Fluorescent
W:8	8	White
R:8	8	Red
B:8	8	Blue
G:8	8	Green
W:12	12	White
R:12	12	Red
B:12	12	Blue
G:12	12	Green

Statistical analysis

All statistical analyses were carried out with SPSS (version 16). One-way ANOVA was used to assess the statistical significance of the results between groups. The means were compared using Duncan multiple range test ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of light colour and lighting duration on the production process and yield of *Pleurotus ostreatus*

A significant difference between applications ($p < 0.01$) was found when evaluating the effect of different light colours and durations on the mushroom pinhead initiation time of *P. ostreatus*. Depending on the light colour and duration, pinhead initiation times were 23.38-26.25 days. In all applications, *P. ostreatus* fruiting bodies were harvested between 34.25-36.25 days of production, approximately 9-11 days after pinhead initiation. While R:8 treatment was the latest to pinhead initiation with 26.25 days, R:12 treatment was the latest to harvest mushrooms with 36.25 days. Girmay et al. (2016), reported that pinhead initiation occurred on the 17th day and harvesting of mature mushrooms occurred on the 27th day in the study they conducted in compost prepared using cotton seeds. In the studies, it is generally reported that the time taken for pinhead initiation in *P. ostreatus* mushrooms varies between 20-27th day depending on the medium used (Fan et al., 2000). At the end of the production period was analyzed, 851.88 to 970.50 g/4 kg substrates was harvested and the difference between the applications was not statistically significant ($p > 0.05$) (Table 2). In a study using cotton seed substrate, the mushroom yield was reported to be 277.30 g/kg (Girmay et al., 2016), while in another study it was reported as 312.4 g/kg (Atila, 2017). The data obtained in the study were found similar to the previous studies. Siwulski et al. (2013) investigated the effects of fluorescent lamps on different *P. ostreatus* strains depending on different light intensity and illumination times and reported that the mushroom yields obtained with 6 h/day illumination were lower than 10-14 h/day, and the highest mushroom yield was obtained with 14 h/day illumination at 500 and 700 lx illumination intensity. Jang et al. (2014) reported that the highest product amount in *P. ostreatus* was obtained in blue+white light. In studies with other mushroom species, it has been reported that blue light induces pigmentation during shiitake protoplast oogenesis (Leatham & Stahmann, 1987), and blue light affects pinhead initiation and basidiocarp growth in *Coprinus stercorarius* (Ellis et al., 1999). It was also reported that higher mycelial biomass was formed in the liquid culture of reishi mushrooms under blue light (425-475 nm) (Zapata et al., 2009). However, no significant effect of blue light on yield and earliness of mushrooms was observed in our study. The difference between the applications in terms of the number of mushrooms was found to be significant and the highest number of mushrooms was obtained from W:8 (65.50) and G:8 (64.00).

Table 2. The effect of light colour and lighting duration on the production process and the yield of *Pleurotus ostreatus*

Çizelge 2. Işık rengi ve ışıklandırma süresinin *Pleurotus ostreatus*'ün üretim süreci ve verimine etkisi

Application	Number of days until pinhead initiation (days)	Number of days until the first harvest (days)	Total yield (g/4 kg growing substrate)	Number of fruit bodies (mushroom/4 kg growing substrate)
Control	24,25±0,37 ^{ab}	35,13±0,13 ^{ab}	868.88	54,00±3,09 ^{abc}
W:8	25,50±0,38 ^{bc}	34,63±0,38 ^a	970.50	65,50±5,49 ^a
R:8	26,25±0,41 ^c	35,25±0,16 ^{ab}	893.25	59,50±4,65 ^{ab}
B:8	24,63±0,32 ^{abc}	34,25±0,37 ^a	970.38	59,38±2,15 ^{ab}
G:8	24,63±0,56 ^{abc}	34,63±0,38 ^a	851.88	64,00±4,99 ^a
W:12	25,25±0,37 ^{bc}	34,50±0,33 ^a	942.50	45,88±2,55 ^c
R:12	25,50±0,63 ^{bc}	36,25±0,82 ^b	873.63	50,88±3,94 ^{bc}
B:12	25,00±0,19 ^{abc}	34,75±0,25 ^a	903.50	47,13±1,69 ^c
G:12	23,38±0,38 ^a	34,50±0,33 ^a	896.25	49,25±2,70 ^{bc}
p value	<0.001	<0.029	0.190	<0.001

According to Duncan test, there is no significant difference between the applications in the same column and indicated by the same letter.

Effect of light colour and lighting duration on average mushroom weight and fruitbody size of *Pleurotus ostreatus*

The average mushroom weight, fruitbody diameter, stalk diameter and stalk length were determined for different colour and lightening periods and significant differences were found between applications ($p < 0.01$). The average mushroom weight varied between 13.44 and 20.93 g. In terms of fruitbody diameter, the highest value was obtained in B:12 with 9.59 cm, while the lowest values were measured in R:8 and R:12 with 5.97 and 5.92 cm, respectively. Stem diameter varied between 1.37-1.98 cm and the highest value was obtained from B:8 (1.98 cm) and B:12 (1.93 cm). Similarly, the highest values were determined from B:12 and B:8 in terms of stem length (Table 3).

Girmay et al. (2016) investigated the effects of different substrates contents on *P. ostreatus* mushrooms and reported that the diameter of the cap was 6.95 cm, and the stem diameter was 3.11 cm and the stem length was 2.95 cm with cotton seed substrate. In the study researching the effects of light intensity and illumination duration on *P. ostreatus*, the highest cap diameter, stem diameter and length were obtained at 500 and 700 lx illumination intensity and 14 h/day illumination (Siwulski et al., 2013). Jang et al. (2014) investigated the effects of different coloured LED light mixtures on the quality of *P. ostreatus* mushrooms. In the study, the lowest fruitbody diameter value was obtained with green+red light, while mushrooms illuminated with blue+green, green+white, blue+white and fluorescent lamps displayed the same characteristics. In addition, it was reported that the highest value of cap diameter/stem length was found in blue+white colour application, while the highest value of stem length was obtained from green+red colour light application. Blue light appears to be beneficial for mushroom cultivation, other mushrooms reported to increase fruitbody size in blue light include shiitake (Namba et al., 2002) and maitake (Sakamoto et al., 2005).

Table 3. Effect of light colour and lighting duration on average mushroom weight and fruit bodies size of *Pleurotus ostreatus*

Çizelge 3. Işık rengi ve ışıklanma süresinin *Pleurotus ostreatus*'un ortalama mantar ağırlığı ve meyve gövdesi büyüklüğü üzerine etkisi

Application	Average mushroom weight (g)	Cap diameter (cm)	Stem diameter (cm)	Stem length (cm)
Control	16,23±0,86 ^{cde}	6,23±0,46 ^{ef}	1,15±0,07 ^{cd}	1,59±0,07 ^{cd}
W:8	15,48±1,16 ^{de}	9,21±0,51 ^{ab}	1,83±0,08 ^{ab}	1,77±0,06 ^{bc}
R:8	15,46±0,83 ^{de}	5,97±0,19 ^f	1,40±0,02 ^d	1,46±0,03 ^d
B:8	16,46±0,48 ^{bode}	8,42±0,22 ^{abc}	1,98±0,06 ^a	2,02±0,06 ^a
G:8	13,44±0,63 ^e	6,76±0,53 ^{def}	1,67±0,07 ^{bc}	1,73±0,07 ^{bc}
W:12	20,93±1,18 ^a	7,98±0,38 ^{bcd}	1,86±0,09 ^{ab}	1,91±0,13 ^{ab}
R:12	17,72±1,06 ^{bcd}	5,92±0,55 ^f	1,47±0,07 ^{cd}	1,53±0,05 ^{cd}
B:12	19,30±0,64 ^{ab}	9,59±0,34 ^a	1,93±0,05 ^a	2,03±0,05 ^a
G:12	18,56±1,44 ^{abc}	7,50±0,53 ^{cde}	1,70±0,06 ^{bc}	1,76±0,10 ^{bc}
p value	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000

According to Duncan test, there is no significant difference between the applications in the same column and indicated by the same letter.

Figure 6 shows the photographs from *Pleurotus ostreatus* production under different light colour and duration.



Control (Fluorescent / 8 hrs)



R:8



B:8



G:8



W:8



R:12



B:12



G:12



W:12

Figure 6. *Pleurotus ostreatus* production under different light colour and lighting duration.

Şekil 6. Farklı ışık rengi ve aydınlanma sürelerinde *Pleurotus ostreatus* üretimi.

CONCLUSION

According to the results obtained in the study, wavelength and duration of light do not affect yield and earliness of *Pleurotus ostreatus* mushroom. However, it was observed that blue light had positive effects on fruitbody size which were among the quality criteria. However, the effects of light wavelength and duration on the storage process and bioactive content of the mushroom should be investigated in detail in further studies.

Data Availability

The data is kept confidential for further study reason.

Author Contributions

Conception and design of the study: TA, MÇ, LÖA; sample collection: TA, MÇ, LÖA; analysis and interpretation of data: TA, MÇ, LÖA; statistical analysis: TA, MÇ, LÖA; visualization: TA, MÇ, LÖA; writing manuscript: TA, MÇ, LÖA.

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 has no financial support.

Article Description

This article was edited by Section Editor Dr. Emrah ZEYBEKOĞLU.

REFERENCES

- Anonymous, 2011. Arduino. (Web page: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Arduino&oldid=31035268>) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2015. DS3231, (Web page: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS3231.pdf>) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2018. 16-Channel Relay Module Board. (Web page: https://www.uctronics.com/download/Amazon/U604302_print.pdf) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2023. SMD LED. (Web page: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMD_LED&oldid=1172932698) (Date accessed: March 2024).
- Anonymous, 2024. Visible spectrum. (Web page: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Visible_spectrum&oldid=1211564204) (Date accessed: March 2024).
- ARDUINO, 2024. Mega 2560 Rev3 Arduino Documentation. (Web page: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/>) (Date accessed: March 2024).
- Atila, F., 2017. Biodegradation of different agro-industrial wastes through the cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr) Kummer. Journal of Biological and Environmental Sciences, 2017: 11-12.
- Ellis, R. J., G. A. Bragdon & B. J. Schlosser, 1999. Properties of the blue light requirements for primordia initiation and basidiocarp maturation in *Coprinus stercorarius*. Mycological Research, 103 (6): 779-784. <https://doi.org/10.1017/S0953756298007722>
- Fan, L., A. Pandey, R. Mohan & C. R. Soccol, 2000. Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation. Acta Biotechnologica, 20 (1): 41-52. <https://doi.org/10.1002/abio.370200108>

- Fuller, K. K., J. J. Loros & J. C. Dunlap, 2015. Fungal photobiology: Visible light as a signal for stress, space and time. *Current Genetics*, 61 (3): 275-288. <https://doi.org/10.1007/s00294-014-0451-0>
- Girmay, Z., W. Gorems, G. Birhanu & S. Zewdie, 2016. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6 (1): 87. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>
- Jang, M.J., Y.H. Lee, Y.C. Ju, S.M. Kim & H.M. Koo, 2014. The suitable mixed LED and light intensity for cultivation of oyster mushroom. *Journal of Mushroom*, 12 (4): 258-262. <https://doi.org/10.14480/JM.2014.12.4.258>
- Kap-Duk, L., 2000. An action spectrum for light-induced growth rate in *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Life Science*, 10 (5): 519-523.
- Khan, Md. A. & M. Tania, 2012. Nutritional and Medicinal Importance of *Pleurotus* Mushrooms: An Overview. *Food Reviews International*, 28 (3): 313-329. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.637267>
- Leatham, G. F. & M. A. Stahmann, 1987. Effect of light and aeration on fruiting of *Lentinula edodes*. *Transactions of the British Mycological Society*, 88 (1): 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(87\)80180-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(87)80180-8)
- Marim, R. A., K. V. Avelino, M. I. W. Halabura, N. L. Araujo, T. T. Santana, G. A. Linde & J. S. D. Valle, 2020. *Lentinus crinitus* response to blue light on carbohydrate-active enzymes. *Bioscience Journal*, 36 (3): 924-931. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n3a2020-49986>
- MAXIM, 2003. MAX485 Description. (Web page: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73463/MAXIM/MAX485.html>) (Date accessed: March 2024).
- MICROCHIP, 2003. AT24C32 2-Wire Serial EEPROM. (Web page: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0336.pdf>) (Date accessed: March 2024).
- Nakano, Y., H. Fujii & M. Kojima, 2010. Identification of blue-light photo response genes in oyster mushroom mycelia. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74 (10): 2160-2165. <https://doi.org/10.1271/bbb.100565>
- Namba, K., S. Inatomi, K. Mori, M. Shimosaka & M. Okazaki, 2002. Effects of LED lights on fruit-body production in *Hypsizygus marmoreus*. *Mushroom Science and Biotechnology*, 10 (3): 141-146. https://doi.org/10.24465/apmsb.10.3_141
- Poyedinok, N., A. Negriyko & O. Mikhailova, 2015. Effects of light wavelengths and coherence on basidiospores germination. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4 (4): 352-357. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.4.352-357>
- Roshita, I. & S. Y. Goh, 2018. "Effect of exposure to different colors light emitting diode on the yield and physical properties of grey and white oyster mushrooms, 1-7". *Proceedings of the 4th International Conference on Green Design and Manufacture 2018*, (29-30 April 2018, Ho Chi Minh Vietnam), AIP Publishing 2030 (2): 020110, 2191 pp. <https://doi.org/10.1063/1.5066751>
- Royse, D. J., 1991. "Yield stimulation of *Pleurotus flabellatus* by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw, 545-547". *Mushroom Science XIII. Volume 2. Proceedings of the 13th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi*, (1-6 September 1991, Dublin), 852 pp.
- Ryu, J.-S., K.S. Na, J.H. Kim, J. W. Lee & H.M. Gwon, 2023. The effect of RGB LED lights on oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) fruit-body characteristics. *Journal of Mushroom*, 21 (3): 132-139. <https://doi.org/10.14480/JM.2023.21.3.132>
- Sakamoto, K., K. Jinno, K. Sasaki, H. Nogami, N. Furusawa, T. Ogawa, J. Hiramata & T. Miyamoto, 2005. Analysis on Genes Expressed during Photomorphogenesis of the Fruiting Bodies in *Pholiota nameko*. *Shokubutsu Kankyo Kogaku*, 17 (1): 3-10. <https://doi.org/10.2525/shita.17.3>
- Sharma, B. B., 2004. Effect of duration of light on radial growth of pink oyster mushroom. *Indian Phytopathology*, 57 (2): 234.
- Siwulski, M., M. Ziombra & K. Sobieralski, 2013. Impact of light on yielding of some *Pleurotus* sp. strains. *Acta Mycologica*, 47: 65-73. <https://doi.org/10.5586/am.2012.008>
- Stamets, P., 1993. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Ten Speed Press Hon Kong, 554 pp. ISBN:0-89815-608-4
- Taofiq, O., A. Fernandes, L. Barros, M. Barreiro & I. Ferreira, 2017. UV-irradiated mushrooms as a source of vitamin D2: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 70 (1): 82-94. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.008>
- Trukhonovets, V. V., 1991. Effect of illumination intensity on the formation of fruiting bodies in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. 48 (2): 67-72.

- Wang, H., X. Tong, F. Tian, C. Jia, C. Li & Y. Li 2020. Transcriptomic profiling sheds light on the blue-light and red-light response of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *AMB Express*, 10 (1): 10. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-0951-x>
- WEINTEK, 2017. MT6000/8000iE series Installation Instruction. (Web page: https://dl.weintek.com/public/MT8000iE/eng/Installation/GME608IE0_MT6070_8070_8100iE_Installation.pdf) (Date accessed: March 2024).
- Wu, J.Y., H. Chen, M. Chen, S. Kan, C. Shieh & Y. Liu, 2013. Quantitative analysis of LED effects on edible mushroom *Pleurotus eryngii* in solid and submerged cultures. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88 (10): 1841-1846. <https://doi.org/10.1002/ictb.4038>
- Ye, D., F. Du, Q. Hu, Y. Zou & X. Bai, 2021. Transcriptome analysis reveals candidate genes involved in light-induced primordium differentiation in *Pleurotus eryngii*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (1): 435. <https://doi.org/10.3390/ijms23010435>
- Yue, G., 2020. "Design of intelligent monitoring and control system based on Modbus, 149-153". 2020 5th International Conference on Communication, Image and Signal Processing (CCISP) (13-15 November 2020, Chengdu-China), IEEE Publication, 313 pp. <https://doi.org/10.1109/CCISP51026.2020.9273500>
- Zapata, P., D. Rojas-Vahos, D. Ramirez, C. Fernandez & L. Atehortua, 2009. Effect of different light-emitting diodes on mycelial biomass production of ling zhi or reishi medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (W. Curt.: Fr.) P. Karst. (Aphylophoromycetideae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 11 (1): 93-99. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v11.i1.110>
- Zawadzka, A., A. Janczewska, J. Kobus-Cisowska, M. Dziedziński, M. Siwulski, E. Czarniecka-Skubina & K. Stuper-Szablewska, 2022. The effect of light conditions on the content of selected active ingredients in anatomical parts of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.). *PLOS ONE*, 17 (1): e0262279. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262279>
- Zervakis, G. & C. Balis, 1996. A pluralistic approach in the study of *Pleurotus* species with emphasis on compatibility and physiology of the European morphotaxa. *Mycological Research*, 100 (6): 717-731. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(96\)80205-X](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(96)80205-X)
- Zhang, J., X. Yu, B. Xu, A. E. Yagoub, A. T. Mustapha & C. Zhou, 2021. Effect of intensive pulsed light on the activity, structure, physico-chemical properties and surface topography of polyphenol oxidase from mushroom. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72: 102741. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102741>



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):449-459
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1461733>

Sercan PAZARLAR ¹

Eray ŞİMŞEK ^{2*}

¹ Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ege University, İzmir, Türkiye

² Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Harran University, Şanlıurfa, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eraysim@harran.edu.tr

Keywords: Biocontrol agents, fungal endophyte, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, plant defense, *Serendipita indica*

Anahtar sözcükler: Biyolojik kontrol, fungal endofit, *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, bitki savunması ajanı, *Serendipita indica*

The endophytic fungus *Serendipita indica* colonization protects chickpea plants against *Fusarium* wilt disease

Endofitik fungus *Serendipita indica* kolonizasyonu nohut bitkilerini *Fusarium solgunluğu* hastalığına karşı korumaktadır

Received (Alınış): 30.03.2024

Accepted (Kabul Tarihi):18.10.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to assess the efficacy of *Serendipita indica*, a basidiomycete endophyte, as a biological control agent against *Fusarium* wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in disease susceptible chickpea cultivar JG62.

Material and Methods: Chlamydospores of *Serendipita indica* were applied to the roots of the germinated JG62 variety, followed by inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* race 5 one week after the application. Disease severity and plant fresh weight were measured 25 days after inoculation. The colonization pattern of *Serendipita indica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* were monitored by quantifying fungal DNA using qPCR over time. The antagonistic interactions between the fungi were determined using the dual-culture method.

Results: *Serendipita indica* successfully colonized the chickpea roots leading to a decrease in biomass of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in the roots and diminished the overall symptoms such as wilting and yellowing caused by *Fusarium* infection. Besides, direct antagonistic effect of *Serendipita indica* was found against *Fusarium in vivo* conditions.

Conclusion: These results indicate the potential of *Serendipita indica* as a biological control agent in developing sustainable strategies for managing *Fusarium* wilt of chickpea.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, nohutlarda *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* tarafından kaynaklanan *Fusarium solgunluğu* hastalığına karşı biyolojik kontrol ajanı olarak *Serendipita indica* adlı bir basidiomycete endofit fungusun etkinliğini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem: *Serendipita indica* klamidosporları çimlendirilen JG62 çeşidinin köklerine uygulanmış ve uygulamadan 1 hafta sonra *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* ırk 5 inokulasyonu yapılmıştır. Hastalık şiddeti ve bitki yaş ağırlığı inokulasyondan 25 gün sonra ölçülmüştür. *Serendipita indica* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* kolonizasyonu fungal DNA miktarının zamana bağlı olarak qPCR ile belirlenmesiyle izlenmiştir. Funguslar arasındaki antagonistik etkileşimler ikili-kültür yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: *Serendipita indica* başarılı bir şekilde nohut köklerini kolonize ederek köklerdeki *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* biyomasının azalmasına ve *Fusarium enfeksiyonu* sonucu ortaya çıkan solgunluk ve sararma gibi belirtilerin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca, *Serendipita indica*'nın *Fusarium solgunluğu etmenine* karşı doğrudan antagonistik etkisi bulunmuştur.

Sonuç: Bu sonuçlar, nohutta *Fusarium solgunluğu*na karşı sürdürülebilir stratejiler geliştirmede *Serendipita indica*'nın biyolojik kontrol ajanı olarak potansiyelini göstermektedir.

INTRODUCTION

Fusarium wilt of chickpea, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (*Foc*), is recognized as a significant soil-borne disease affecting chickpea, leading to wilting at various stages, from seedling to podding (Navas-Cortés et al., 2000; Sharma et al., 2005; Jiménez-Díaz et al., 2015; Jendoubi et al., 2017). Fusarium wilt represents a globally significant pathogenic threat to chickpea cultivation, exerting substantial impact on the crop's health and productivity (Kumar et al., 2015; Jendoubi et al., 2017). Chlamydospores as highly infectious asexual spores present in the soil serve as the main source of inoculation for Fusarium wilt in chickpeas. *Foc* penetrates the roots either directly or through the wounds, colonizes intercellular spaces of the root cortex, and ultimately invades the xylem vessels, resulting in mostly wilting, yellowing and necrosis of foliage (Jiménez-Díaz et al., 2015; Bhar et al., 2021).

Foc chlamydospores exhibit a remarkable ability to persist in soil for an extended duration of up to six years, even in the absence of a suitable host (Haware et al., 1996). This resilient characteristic poses a significant challenge to the effective control of the pathogen. Given their nature as soil pathogens, managing these organisms through synthetic fungicides poses considerable challenges and is not applicable most of the time (Dubey et al., 2007). Furthermore, their colonization predominantly within the xylem and root cortex of the plant impedes effective chemical delivery to these specific regions. Despite the demonstrated efficacy of certain fungicides in managing this disease *in vivo*, it is imperative to acknowledge the potential risks associated with their practical application, particularly concerning human and environmental health (Jamil & Ashraf, 2020). Meanwhile, Fusarium wilt is primarily managed through the cultivation of resistant cultivars and the most cost-effective and environmentally friendly approach to control Fusarium wilt is the utilization of resistant cultivars, whenever they are accessible (Landa et al., 2007; Li et al., 2015; Bharadwaj et al., 2022; Yadav et al., 2023). However, it should be noted that the resistance, especially controlled by a single R gene, can be easily overcome by different *Foc* races.

The challenge of managing Fusarium wilt, along with similar soil-borne wilt diseases, has prompted researchers to investigate biological control methods mainly in the last decade (Soltanzadeh et al., 2016; Bubici et al., 2019; Kumari & Khanna, 2020; Poveda, 2021; Akbaba & Genc, 2024). Plant-associated endophytic fungi, constitute a biodiverse group of microorganisms typically present asymptotically within plant tissues or intercellular spaces. It has been showed that endophytic fungi play a crucial role in promoting the growth of host plants by directly producing secondary metabolites, thereby enhancing the plants' resistance to both biotic and abiotic stresses (Phurailatpam & Mishra, 2020; Fontana et al., 2021; Lu et al., 2021; Chaudhary et al., 2022).

Serendipita indica (*S. indica*), formerly known as *Piriformospora indica* is a basidiomycete that colonizes plant roots as an endophyte and it has gained significant attention in recent decades due to its broad host range and the various beneficial effects on its host in terms of protection and growth support (Verma et al., 1998; Singhal et al., 2017; Saleem et al., 2022; Roylawar et al., 2023). *S. indica* can colonize a wide range of plants including mono- and dicotyledonous species and establish symbiotic associations with them (Qiang et al., 2012). *Serendipita indica* has a capability to suppress the immune system, which is crucial for its biotrophic root colonization (Daneshkhah et al., 2018). This feature may specifically account for its remarkably wide range of host compatibility (Jacobs et al., 2011). The most agriculturally significant advantages include promoting growth, increasing seed yield, and enhancing resistance or tolerance to both biotic and abiotic stresses (Singhal et al., 2017; Boorboori & Zhang, 2022; Saleem et al., 2022). *Serendipita indica* exhibits similarities to typical arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in terms of growth promotion, morphological features, and functional characteristics (Aslam et al., 2019).

Serendipita indica has proven to be successful against fungal pathogens including necrotrophs such as *Botrytis cinerea* (Narayan et al., 2017) and *Fusarium culmorum* (Harrach et al., 2013), and biotrophs such as *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (Felle et al., 2009) and *Golovinomyces orontii* (Stein et al., 2008). However, it is noteworthy that a significant part of the studies is against soil-borne root rot or wilt diseases, especially caused by *Fusarium* species. Many studies from independent groups have shown

that colonization of tomato roots with *Serendipita* species showed strong potential to decrease the Fusarium wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by enhancing the plant defense mostly (del Barrio-Duque et al., 2019; Ghezal Sefloo et al., 2019; Hallasgo et al., 2022). The findings of Cheng et al., (2020) suggested that *S. indica* colonization may enhance the resistance of banana to *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* *FocTR4* which is undoubtedly the biggest threat to global banana production by regulating the activity of antioxidant enzymes. No direct effect was observed between *S.indica* and *FocTR4*, indicating that improved protection depends on indirect interaction rather than antagonistic effect. More recently, significant improvement in morphophysiological parameters of maize plants was reported with the application of *S. indica*-inoculated compared to non-inoculated plants under conditions of drought stress, *Fusarium proliferatum*, and combined of them. Moreover, inoculation with *S. indica* led to an increase in chlorophyll content, suggesting enhanced photosynthesis in maize plants (Noori et al., 2023).

In this study, it is aimed to test the plant protection activity of *S. indica* against Fusarium wilt disease, as well as plant growth promoting features in chickpea under growth chamber conditions. The colonization levels of both *Foc5* and *S. indica* in a time dependent manner was monitored. The study provides evidence that colonization of chickpea roots with *S. indica* prevents the colonization of *Foc* resulting the reduction in disease severity.

MATERIAL AND METHODS

Plant materials, *S. indica* inoculations and growth conditions

The wild-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype 'JG62' seeds were kindly provided by Assoc. Prof. Dr. Abdullah Kahraman (Harran University, Türkiye). The seeds were surface sterilized by soaking 2% sodium hypochlorite for 3 min, followed by rinsing 5 times with sterile water. Seeds were then germinated between sterile filter paper layers moistened with 1 mM calcium sulfate solution in the dark conditions for 5 days at 25°C.

Serendipita indica (IPAZ-11827) was kindly provided by Dr. Jafargholi Imani (Justus Liebig University Giessen, Research Centre for BioSystems, Land Use and Nutrition, Institute of Phytopathology, Giessen, Germany) and grown on PDA (potato dextrose agar) medium for 8-10 days at 25°C. Mycelial plugs transferred to the PDB (potato dextrose broth) medium were further cultivated at 25°C and 120 rpm. Chlamydospores were harvested from 7 days of cultures, washed three times with sterile water and adjusted to a final concentration of 1×10^5 chlamydospore mL^{-1} in sterile water supplemented with Tween-20 (0.002%).

Roots of 5-day-old seedlings were inoculated with *S. indica* chlamydospores by the root dipping method, followed by the planting to the pots filled with soil:perlite:peat mixture (1:1:1 v/v/v). Plants were grown in walk-in growth chambers with a 16-hours light/8- hours dark photoperiod with $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Mock plants were treated with sterile water containing Tween-20.

Pathogen inoculation and disease assessment

Fusarium oxysporum f. sp. *ciceris* strain *Foc5* was kindly provided by Prof. Dr. Canan Can (Gaziantep University, Türkiye) and cultured on PDA at 25°C in the dark for 7 days. Mycelial plugs were transferred to the PDB medium for spore production and cultivated at 25°C for 5 days under constant shaking at 120 rpm at dark conditions. The conidial suspension was filtered through several layers of cheesecloth, washed several times with sterile water and the concentration was adjusted to 1×10^7 conidia mL^{-1} . One week after *S. indica* treatment, plants were uprooted and dipped into *Foc* spore suspension for 5 min. Inoculated plants were re-planted to the same pots. Control plants were treated with sterile water by using the same method.

The level of disease was scored based on the external symptoms such as wilting, yellowing and necrosis (0-4 scale) 25 days after inoculation: 0= no lesions and 1= 1 to 33%, 2= 34 to 66%, 3= 67–100 and 4= dead plants (Navas-Cortés et al., 1998). Demonstration of scale used in this study was given in Figure 1. Shoot fresh weight was also taken after disease assessment.



Figure 1. Disease scoring scale used for the assessment of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race5) infection.

Şekil 2. *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (ırk5)'in enfeksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan hastalık skorlama skalası.

Quantification of *S. indica* and *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* colonization by real-time PCR

The relative quantification of fungal colonization was done by calculating the ratio of either *S. indica* or *Foc* DNA to chickpea DNA. Plant roots were carefully harvested, washed several times gently with tap water to remove growth medium particles and flash-frozen in liquid nitrogen. Genomic DNA was isolated from roots by applying CTAB method described by Doyle & Doyle, (1987), and diluted to 20 ng μl^{-1} . qPCR was performed with primers specific for *S. indica* Internal Transcribed Spacer (ITS) gene, *Foc5* 5.8 ribosomal DNA (5.8 rDNA) gene or *C. arietinum* L. *Elongation factor 1 α* (*Ef1 α*) using PikoReal 96 real-time PCR system (Thermo Scientific, Burlington, Canada) and RealQ Plus 2x Master Mix Green without ROX (Ampliqon, Denmark) according to instructions from the manufacturer. Primer sequences used in this study as follows: *S. indica* ITS forward 5'-CAACACATGTGCACGTCGAT-3' and *S. indica* ITS reverse 5'-CCAATGTGCATTCAGAACGA-3' (Deshmukh et al., 2006), *Foc5* 5.8 rDNA forward 5'-GTTGAAATGACGCTCGAACA-3' and *Foc5* 5.8 rDNA reverse 5'-GCCAGAGGACCCCTAAACTC-3' (Chakraborty et al., 2020). Cycling conditions were 15 min at 95°C followed by 35 cycles of 20 s at 95°C, 30 s at 60°C, 30 s at 72°C.

In vitro confrontation assay for direct antifungal activity

The study conducted an *in vitro* assessment to investigate the potential antagonistic capability of our *S. indica* isolate against *Foc* using a dual culture assay (Sun et al., 2014). Mycelial plugs (6 mm diameter) of *S. indica* and *Foc* were obtained from the edges of 7-d-old actively growing colonies on PDA and were placed opposite to each other at the edge of 9 cm diameter sterile petri dishes containing PDA. Plates were incubated at 25°C in the dark for 7 d.

Statistical analysis

The statistical analysis of the data was conducted utilizing GraphPad Prism version 9 software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA). Data points are presented as the mean values accompanied by standard error (SE). A minimum of 15 biological replicates were utilized for disease assessment and fresh growth analyses. Additionally, for biomass determination of *S. indica* and *Foc*, a

minimum of 5 biological replicates were used. The assessment of normality and homogeneity of variance was conducted utilizing the Shapiro-Wilk test. Subsequently, the comparison of mean values for the measured parameters was performed using Student's *t*-test.

RESULTS and DISCUSSION

The mechanism of action of most biological plant protection products is based on direct of the antimicrobial products on phytopathogens. Utilizing biocontrol agents that directly colonize plants and enhance plant defense represents a potentially more sustainable strategy, which may exhibit more resilience to external environmental influences. *S. indica* as a fungal endophyte, has gained significant attention recently due to its capability to colonize a wide range of plant species and enhance plant performance against diverse stress factors. Here, it is evaluated that the efficacy of *S. indica* in managing Fusarium wilt in chickpea, a particularly challenging task as Fusarium wilt invades the roots and vascular systems of the plants.

To verify and monitor the root colonization of *S. indica*, its DNA was quantified by qPCR. Relative biomass data indicated that *S. indica* successfully colonized chickpea roots and although no significant difference was observed between 7 and 14 days, the colonization ratio of *S. indica* increased over time (Figure 2). Successful colonization of chickpea roots by *S. indica* was also shown before by using histochemical analysis (Narayan et al., 2017).

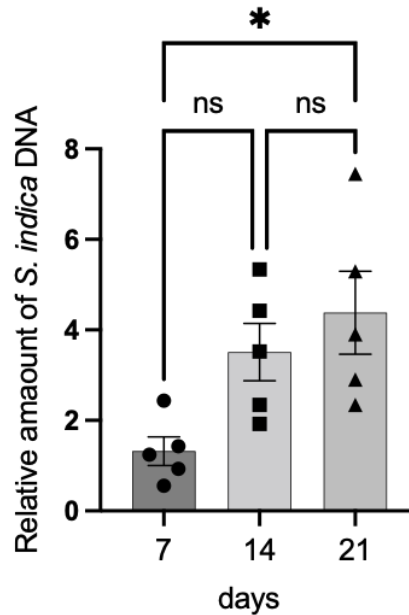


Figure 2. Relative amount of *Serendipita indica* DNA obtained from plant tissue.

Şekil 2. Bitki dokusundan elde edilen *Serendipita indica* DNA'sının bağıl miktarı.

Twenty-five days after pathogen inoculation, the disease symptoms of chickpea seedlings, inoculated either with *S. indica* or mock treatment, were assessed. It was found that plants pre-inoculated with *S. indica* exhibited significantly lower disease symptoms such as wilting and yellowing compared to those in the mock group (Figure 3A, 3C). Besides, *S. indica* contributed to the increase in average plant fresh weight. Similarly, plants pretreated with *S. indica* showed higher biomass than mock-treated plants in *Foc* inoculated groups (Figure 3B, 3C).

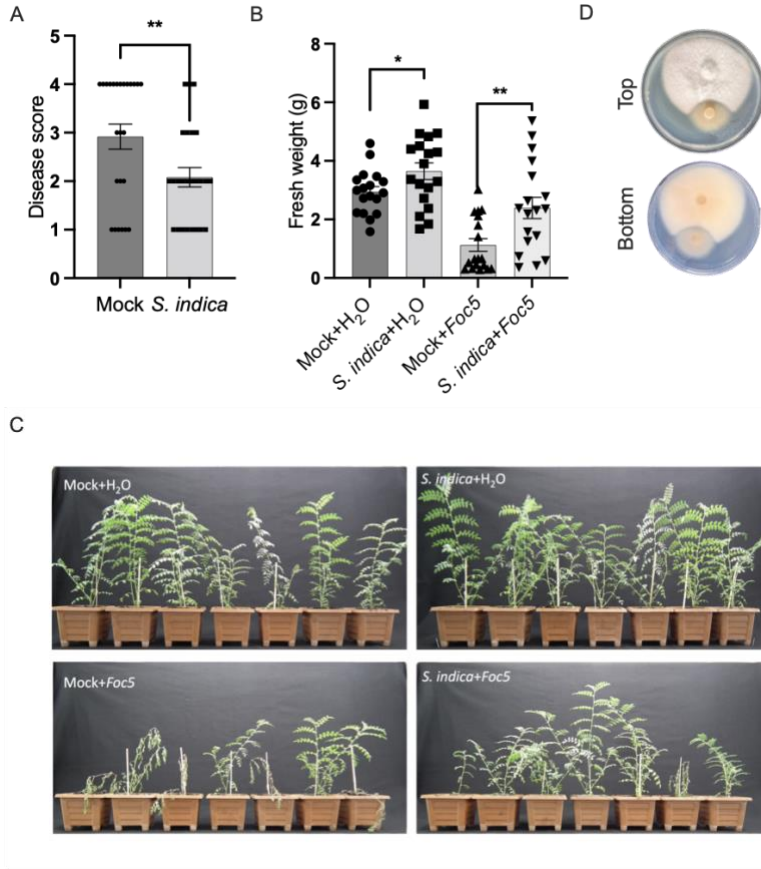


Figure 3. Disease score of mock and *S. indica* inoculated chickpea plants (A), Fresh weight of experimental groups (B), Representative pictures of the experimental groups (C), *In vitro* confrontation plate (D), (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

Şekil 3. Mock ve *S. indica* ile aşılانmış nohut bitkilerinin hastalık skoru (A), Deney gruplarının yaş ağırlıkları (B), deney gruplarının temsili fotoğrafları (C), *In vitro* karşılaştırma testi (D), (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

The *Foc* colonization of chickpea roots was also monitored. The progression of *Fusarium* colonization was comparable in roots treated with either mock or *S. indica* after 7 days post-inoculation (dpi). However, the *Foc*'s progression was notably found suppressed by *S. indica* 14 and 21 dpi (Figure 4).

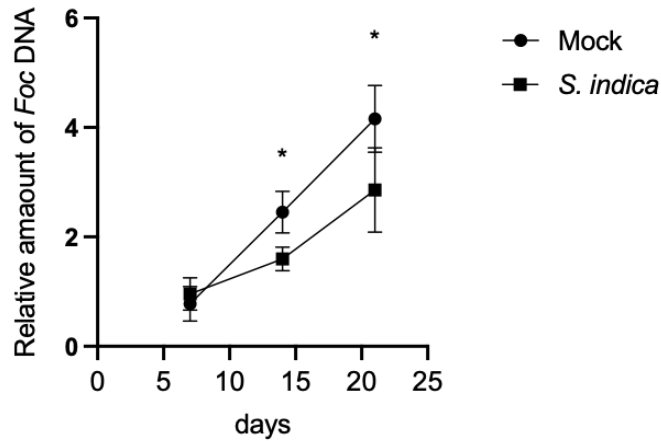


Figure 4. Relative amount of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race5) (* $P < 0.05$)

Şekil 4. *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (ırk5)'in oransal miktarı (* $P < 0.05$)

Narayan et al. (2017) showed that chickpea plants colonized with *S. indica* exhibited significant increase in plant biomass and root development compared to control treated plants. A significant reduction in disease caused by necrotrophic pathogen *B. cinerea* was also observed in *S. indica* treated plants. In contrast, it has been reported that *S. indica* alone causes a decrease in dry plant biomass in the early period of colonization in chickpea, however when applied in combination with *Pseudomonas striata*, a phosphate-solubilizing bacterium, it has a positive effect on plant biomass (Meena et al., 2009). Furthermore, Combination of *S. indica* with *Mesorhizobium cicer* and *Pseudomonas* spp. has found to have a synergistic effect on bioaugmentation of chickpea productivity (Mansotra et al., 2015).

Serendipita indica does not exhibit a direct antagonistic effect on various *Fusarium* species such as *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* (Huang et al., 2024), and *F. graminearum* (Deshmukh & Kogel, 2007; Li & Guo, 2022), *F. culmorum* (Rabiey et al., 2015). However, it has been previously shown that soil-borne pathogen *Verticillium dahliae* is inhibited by *S. indica* *in vitro* conditions (Sun et al., 2014). The interactions of *Foc* and *S. indica* were examined *in vitro* conditions using the dual culture method and a weak antagonistic effect against *Foc* was observed (Figure 3D) indicating that improved protection could be related with direct antagonism. *S. indica* delivers its effectors into host cells to manipulate host metabolism for successful colonization (Nizam et al., 2019). These effectors trigger several plant responses leading to enhanced defense against phytopathogens. Induced systemic resistance (ISR) is one of two well-established systemic defense response types of plants known to be mainly regulated by jasmonic acid and ethylene hormones (Pieterse et al., 2014). It has been demonstrated that various plant genes, including vegetative storage protein (VSP) (Stein et al., 2008) and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACC oxidase) (Schäfer et al., 2009), which are associated with the jasmonic acid, and ethylene-related pathways, respectively, exhibit upregulation during the *S. indica* symbiotic interaction, which indicates ISR could be a part of response following *S. indica* colonization. *S. indica* can trigger transcriptional regulation of antioxidant-related genes and/or the production of antioxidant enzymes such as peroxidase and superoxide dismutase (Nassimi & Taheri, 2017; Li & Guo, 2022). Based on these, it is speculated that improved protection against *Foc* in chickpea plants could also be related to the enhanced plant defense responses triggered by *S. indica*.

CONCLUSIONS

The findings reveal a distinct reduction in *Foc* colonization in chickpea inoculated with *S. indica* as compared to mock inoculation. This situation has been consistent with the plant fresh weight and disease scoring data. These results present preliminary evidence supporting the prospective application of *S. indica* fungus as a viable biological control agent against *Foc* in chickpea plants. This study contributes to the expanding knowledge base on the potential utilization of *S. indica* in enhancing resistance against specific pathogens in chickpea cultivation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Abdullah Kahraman (Harran University, Türkiye) for providing *Fusarium* disease susceptible chickpea variety and Prof. Dr. Canan Can (Gaziantep University, Türkiye) for providing *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (race 5) isolate. The authors also thank Dr. Jafargholi Imani (Justus Liebig University Giessen, Research Centre for BioSystems, Land Use and Nutrition, Institute of Phytopathology, Giessen, Germany) for providing *S. indica* strain.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

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

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

The authors did not receive support from any organization for the submitted work.

Article Description

This article was edited by Editor in Chief Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI.

REFERENCES

- Akbaba, M. & T. Genc, 2024. Domateste toprak kökenli fungal patojenlerin mücadelesinde rizobakterilerin kullanılma potansiyeli. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 60 (4): 705-721. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1342790>
- Aslam, M.M., J. Karanja & S.K. Bello, 2019. *Piriformospora indica* colonization reprograms plants to improved P-uptake, enhanced crop performance, and biotic/abiotic stress tolerance. Physiological and Molecular Plant Pathology, 106: 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.02.010>
- Bhar, A., A. Jain & S. Das, 2021. Soil pathogen, *Fusarium oxysporum* induced wilt disease in chickpea: A review on its dynamicity and possible control strategies. Proceedings of the Indian National Science Academy, 87 (2): 260-274. <https://doi.org/10.1007/s43538-021-00030-9>
- Bharadwaj, C., J. Jorben, A. Rao, M. Roorkiwal, V. Jayalakshmi, A. Chitikineni, S. Singh, I. Singh, A. Pratap, G. P. Dixit, A. K. Srivastava & R. K. Varshney, 2022. Development of high yielding fusarium wilt resistant cultivar by pyramiding of "genes" through marker-assisted backcrossing in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in Genetics, 13: 924287. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.924287>
- Boorboori, M. R. & H.Y. Zhang, 2022. The role of *Serendipita indica* (*Piriformospora indica*) in improving plant resistance to drought and salinity stresses. Biology, 11 (7): 952. <https://doi.org/10.3390/biology11070952>
- Bubici, G., M. Kaushal, M.I. Prigigallo, C. Gómez-Lama Cabanás & J. Mercado-Blanco, 2019. Biological control agents against fusarium wilt of banana. Frontiers in Microbiology, 10: 616. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00616>
- Chakraborty, J., S. Sen, P. Ghosh, A. Jain & S. Das, 2020. Inhibition of multiple defense responsive pathways by CaWRKY70 transcription factor promotes susceptibility in chickpea under *Fusarium oxysporum* stress condition. BMC Plant Biology, 20: 319. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02527-9>
- Chaudhary, P., U. Agri, A. Chaudhary, A. Kumar & G. Kumar, 2022. Endophytes and their potential in biotic stress management and crop production. Frontiers in Microbiology, 13: 933017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.933017>
- Cheng, C., D. Li, Q. Qi, X. Sun, M.R. Anue, B.M. David, Y. Zhang, X. Hao, Z. Zhang & Z. Lai, 2020. The root endophytic fungus *Serendipita indica* improves resistance of Banana to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4. European Journal of Plant Pathology, 156 (1): 87-100. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01863-3>
- Daneshkhah, R., F.M.W. Grundle & K. Wiczorek 2018. The role of MPK6 as mediator of ethylene/jasmonic acid signaling in *Serendipita indica*-colonized arabidopsis roots. Plant Molecular Biology Reporter, 36 (2): 284-294. <https://doi.org/10.1007/s11105-018-1077-z>
- del Barrio-Duque, A., J. Ley, A. Samad, L. Antonielli, A. Sessitsch & S. Compant, 2019. Beneficial endophytic bacteria-*Serendipita indica* interaction for crop enhancement and resistance to phytopathogens. Frontiers in Microbiology, 10: 2888. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2019.02888>
- Deshmukh, S. D. & K.H. Kogel, 2007. *Piriformospora indica* protects barley from root rot caused by *Fusarium graminearum*. Journal of Plant Diseases and Protection, 114 (6): 263-268.
- Deshmukh, S., R. Hüchelhoven, P. Schäfer, J. Imani, M. Sharma, M. Weiss, F. Waller & K.H. Kogel, 2006. The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103 (49): 18450-18457. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605697103>

- Doyle, J.J. & J.L. Doyle, 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19 (1): 11-15.
- Dubey, S.C., M. Suresh & B. Singh, 2007. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* for integrated management of chickpea wilt. *Biological Control*, 40 (1): 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.06.006>
- Felle, H.H., F. Waller, A. Molitor & K.H. Kogel, 2009. The mycorrhiza fungus *Piriformospora indica* induces fast root-surface pH signaling and primes systemic alkalization of the leaf apoplast upon powdery mildew infection. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 22 (9): 1179-1185. <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-9-1179>
- Fontana, D.C., S. de Paula, A.G. Torres, V.H.M. de Souza, S.F. Pascholati, D. Schmidt & D. Dourado Neto, 2021. Endophytic fungi: biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens*, 10 (5): 570. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050570>
- Ghezel Sefloo, N., K. Wiczorek, S. Steinkellner & K. Hage-Ahmed, 2019. *Serendipita* species trigger cultivar-specific responses to fusarium wilt in tomato. *Agronomy*, 9 (10): 595. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100595>
- Hallasgo, A.M., C. Hauser, S. Steinkellner & K. Hage-Ahmed, 2022. Single and coinoculation of *Serendipita herbamans* with arbuscular mycorrhizal fungi reduces *Fusarium* wilt in tomato and slows disease progression in the long-term. *Biological Control*, 168 (2022): 104876. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104876>
- Harrach, B.D., H. Baltruschat, B. Barna, J. Fodor & K.H. Kogel, 2013. The mutualistic fungus *Piriformospora indica* protects barley roots from a loss of antioxidant capacity caused by the necrotrophic pathogen *Fusarium culmorum*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 26 (5): 599-605. <https://doi.org/10.1094/MPMI-09-12-0216-R>
- Haware, M. P., Y.L. Nene & M. Natarajan, 1996. The survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in the soil in the absence of chickpea. *Phytopathologia Mediterranea*, 35 (1): 9-12.
- Huang, Y., J. Li, C. Nong, T. Lin, L. Fang, X. Feng, Y. Chen, Y. Lin, Z. Lai & L. Miao, 2024. *Piriformospora indica* enhances resistance to fusarium wilt in strawberry by increasing the activity of superoxide dismutase, peroxidase, and catalase, while reducing the content of malondialdehyde in the roots. *Horticulturae*, 10 (3): 240. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030240>
- Jacobs, S., B. Zechmann, A. Molitor, M. Trujillo, E. Petutschnig, V. Lipka, K.H. Kogel & P. Schäfer, 2011. Broad-spectrum suppression of innate immunity is required for colonization of arabidopsis roots by the fungus *Piriformospora indica*. *Plant Physiology*, 156 (2): 726-740. <https://doi.org/10.1104/PP.111.176446>
- Jamil, A. & S. Ashraf, 2020. Utilization of chemical fungicides in managing the wilt disease of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 53 (17-18): 876-898. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1803705>
- Jendoubi, W., M. Bouhadida, A. Boukteb, M. Béji & M. Kharrat, 2017. Fusarium wilt affecting chickpea crop. *Agriculture*, 7 (3): 23. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE7030023>
- Jiménez-Díaz, R.M., P. Castillo, M. del M. Jiménez-Gasco, B.B. Landa & J. A. Navas-Cortés, 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection*, 73 (February): 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.023>
- Kumar, Y., B.B. Dholakia, P. Panigrahi, N.Y. Kadoo, A.P. Giri & V. S. Gupta, 2015. Metabolic profiling of chickpea-*Fusarium* interaction identifies differential modulation of disease resistance pathways. *Phytochemistry*, 116, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.04.001>
- Kumari, S. & V. Khanna, 2020. Induction of systemic resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* by antagonistic rhizobacteria in assistance with native *Mesorhizobium*. *Current Microbiology*, 77 (1): 85-98. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01805-6>
- Landa, B.B., J.A. Navas-Cortés & R.M. Jiménez-Díaz, 2007. Integrated management of fusarium wilt of chickpea with sowing date. *Host Resistance, and Biological Control*, 94 (9): 946-960. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.946>
- Li, H., M. Rodda, A. Gnanasambandam, M. Aftab, R. Redden, K. Hobson, G. Rosewarne, M. Materne, S. Kaur & A. T. Slater, 2015. Breeding for biotic stress resistance in chickpea: Progress and prospects. *Euphytica*, 204 (2): 257-288. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1462-8>
- Li, L. & N. Guo, 2022. Effect of *Piriformospora indica*-induced systemic resistance and basal immunity against *Rhizoctonia cerealis* and *Fusarium graminearum* in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13: 836940. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836940>

- Lu, H., T. Wei, H. Lou, X. Shu & Q. Chen, 2021. A critical review on communication mechanism within plant-endophytic fungi interactions to cope with biotic and abiotic stresses. *Journal of Fungi*, 7: 719. <https://doi.org/10.3390/jof7090719>
- Mansotra, P., P. Sharma & S. Sharma, 2015. Bioaugmentation of *Mesorhizobium cicer*, *Pseudomonas* spp. and *Piriformospora indica* for sustainable chickpea production. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 21 (3): 385-393. <https://doi.org/10.1007/s12298-015-0296-0>
- Meena, K.K., S. Mesapogu, M. Kumar, M.S. Yandigeri, G. Singh & A.K. Saxena, 2009. Co-inoculation of the endophytic fungus *Piriformospora indica* with the phosphate-solubilising bacterium *Pseudomonas striata* affects population dynamics and plant growth in chickpea. *Biology and Fertility of Soils*, 46 (2): 169-174.
- Narayan, O.P., N. Verma, A.K. Singh, R. Oelmüller, M. Kumar, D. Prasad, R. Kapoor, M. Dua & A.K. Johri, 2017. Antioxidant enzymes in chickpea colonized by *Piriformospora indica* participate in defense against the pathogen *Botrytis cinerea*. *Scientific Reports*, 7: 13553. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12944-w>
- Nassimi, Z. & P. Taheri, 2017. Endophytic fungus *Piriformospora indica* induced systemic resistance against rice sheath blight via affecting hydrogen peroxide and antioxidants. *Biocontrol Science and Technology*, 27 (2): 252-267. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1277690>
- Navas-Cortés, J.A., B. Hau & R.M. Jiménez-Díaz, 1998. Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of fusarium wilt of chickpea. *Phytopathology*, 88 (12): 1338-1346. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.12.1338>
- Navas-Cortés, J.A., B. Hau & R.M. Jiménez-Díaz, 2000. Yield loss in chickpeas in relation to development of fusarium wilt epidemics. *Phytopathology*, 90 (11): 1269-1278.
- Nizam, S., X. Qiang, S. Wawra, R. Nostadt, F. Getzke, F. Schwanke, I. Dreyer, G. Langen & A. Zuccaro, 2019. *Serendipita indica* E5^{NT} modulates extracellular nucleotide levels in the plant apoplast and affects fungal colonization. *EMBO Reports*, 20 (2): e47430. <https://doi.org/10.15252/embr.201847430>
- Noori, F., K. Rahnema, K. Mashayekhi, N. Akbari Oghaz, S.A. Movahedi Naeini & S. Hatamzadeh, 2023. Investigation of the symbiotic relationship between *Serendipita indica* and ZP684 hybrid cultivar of maize plant under a combined condition of root rot disease (*Fusarium proliferatum*) and drought stress. *Biological Control*, 184: 105282. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105282>
- Phurailatpam, L. & S. Mishra, 2020. "Role of Plant Endophytes in Conferring Abiotic Stress Tolerance, 603-628". In: *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives II: Mechanisms of Adaptation and Stress Amelioration* (Eds. M. Hasanuzzaman), Springer, 861 pp. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2172-0_22
- Pieterse, C.M.J., C. Zamioudis, R.L. Berendsen, D.M. Weller, S.C.M.V. Wees & P.A.H.M. Bakker, 2014. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology*, 52: 347-375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>
- Poveda, J., 2021. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Ascochyta rabiei* infecting protected geographical indication fuentesauco-chickpea by *Trichoderma* species. *European Journal of Plant Pathology*, 160 (4): 825-840. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02286-9>
- Qiang, X., M. Weiss, K.H. Kogel & P. Schäfer, 2012. *Piriformospora indica*-A mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. *Molecular Plant Pathology*, 13 (5): 508-518. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00764.x>
- Rabiey, M., I. Ullah & M.W. Shaw, 2015. The endophytic fungus *Piriformospora indica* protects wheat from fusarium crown rot disease in simulated UK autumn conditions. *Plant Pathology*, 64 (5): 1029-1040. <https://doi.org/10.1111/PPA.12335>
- Roylawar, P., K. Khandagale, S. Nanda, P.S. Soumia & S. Gawande, 2023. Colonization of *Serendipita indica* promotes resistance against *Spodoptera exigua* in onion (*Allium cepa* L.). *Frontiers in Microbiology*, 14: 1190942. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1190942>
- Saleem, S., A. Sekara & R. Pokluda, 2022. *Serendipita indica*-A review from agricultural point of view. *Plants*, 11 (24): 3417. <https://doi.org/10.3390/plants11243417>
- Schäfer, P., S. Pfiffli, L.M. Voll, D. Zajic, P.M. Chandler, F. Waller, U. Scholz, J. Pons-Kühnemann, S. Sonnewald, U. Sonnewald & K.H. Kogel, 2009. Manipulation of plant innate immunity and gibberellin as factor of compatibility in the mutualistic association of barley roots with *Piriformospora indica*. *The Plant Journal*, 59 (3): 461-474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2009.03887.x>

- Sharma, K.D., W. Chen & F.J. Muehlbauer, 2005. Genetics of chickpea resistance to five races of fusarium wilt and a concise set of race differentials for *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Plant Disease, 89 (4): 385-390. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0385>
- Singhal, U., R. Prasad & A.Varma, 2017. "*Piriformospora indica* (*Serendipita indica*): The Novel Symbiont, 349-364". In: Mycorrhiza-Function, Diversity, State of the Art (Eds. A. Varma, R. Prasad & N. Tuteja), Springer International Publishing, 396 pp. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53064-2_17
- Soltanzadeh, M., M. Soltani Nejad & G.H. Shahidi Bonjar, 2016. Application of soil-borne actinomycetes for biological control against Fusarium wilt of chickpea (*Cicer arietinum*) caused by *Fusarium solani* f. sp. *lisi*. Journal of Phytopathology, 164 (11-12): 967-978. <https://doi.org/10.1111/jph.12517>
- Stein, E., A. Molitor, K.H. Kogel & F. Waller, 2008. Systemic resistance in arabidopsis conferred by the mycorrhizal fungus *Piriformospora indica* requires jasmonic acid signaling and the cytoplasmic function of NPR1. Plant and Cell Physiology, 49 (11): 1747-1751. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn147>
- Sun, C., Y. Shao, K. Vahabi, J. Lu, S. Bhattacharya, S. Dong, K.W. Yeh, I. Sherameti, B. Lou, I. T. Baldwin & R. Oelmüller, 2014. The beneficial fungus *Piriformospora indica* protects *Arabidopsis* from *Verticillium dahlia* infection by downregulation plant defense responses. BMC Plant Biology, 14 (1): 268. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0268-5>
- Verma, S., A. Varma, K.H. Rexer, A. Hassel, G. Kost, A. Sarbhoy, P. Bisen, B. Bütehorn & P. Franken, 1998. *Piriformospora indica*, gen. et sp. nov., a new root-colonizing fungus. Mycologia, 90 (5): 896-903. <https://doi.org/10.1080/00275514.1998.12026983>
- Yadav, R.K., M.K. Tripathi, S. Tiwari, N. Tripathi, R. Asati, V. Patel, R.S. Sikarwar & D.K. Payasi, 2023. Breeding and genomic approaches towards development of fusarium wilt resistance in chickpea. Life, 13 (4): 988. <https://doi.org/10.3390/life13040988>



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):461-474
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1470053>

Emine ŞAHİN¹

Emine KARADEMİR^{2*}

¹ Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Siirt Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, 56800, Siirt, Türkiye

² Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 56100, Siirt, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar)
eminekarademir@siirt.edu.tr

Keywords: Cotton, chlorophyll, fiber quality, magnesium, NDVI, yield

Anahtar sözcükler: Pamuk, klorofil, lif kalitesi, magnezyum, NDVI, verim

Determination of the effect of magnesium applications on yield, fiber quality and chlorophyll content in cotton*

Magnezyum uygulamalarının pamukta verim, lif kalite kriterleri ve klorofil içeriğine etkisinin belirlenmesi

* This article has been summarized from the first author's master dissertation.

Received (Alınış): 19.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 05.10.2024

ABSTRACT

Objective: The objective of this investigation was to determine the effects of different applications of magnesium (Mg) on yield, yield attributes, fiber quality traits, chlorophyll content, and normalized difference vegetative index in cotton.

Material and Methods: In this study 7 different Mg applications were applied, and MAY 455 cotton cultivar and Magnesium Sulphate were used.

Results: It was determined that seed cotton yield, number of nodes of first fruiting branches, number of vegetative branches, number of bolls, height/node ratio, boll weight, fiber strength, uniformity, elongation, and spinning consistency index were affected by magnesium applications. The highest value in terms of the number of bolls, number of vegetative branches and height/node ratio was observed with 200 cc/da Mg application at the squaring stage, while the highest seed cotton yield was recorded with 200 cc/da Mg at flowering stage and Mg application lead to increase 60 kg/da in seed cotton yield. The highest spinning consistency index and uniformity was obtained with 600 cc/da Mg application at the squaring stage, other quality traits were affected by different doses or application stages.

Conclusion: Applying green parts during the squaring or flowering period may be advantageous since magnesium has a positive impact on the yield and certain fiber quality of cotton.

ÖZ

Amaç: Bu araştırmanın amacı, farklı magnezyum (Mg) uygulamalarının pamukta verim, verim kriterleri, lif kalite özellikleri, klorofil içeriği ve normalize edilmiş vejetasyon farklılık indeksi üzerindeki etkilerini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada 7 farklı Mg uygulaması yer almış, MAY 455 pamuk çeşidi ve Magnezyum Sülfat kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Magnezyum uygulamalarının kütlü pamuk verimi, ilk meyve dalı boğum sayısı, odun dalı sayısı, koza sayısı, boy/nod oranı, koza ağırlığı, lif mukavemeti, üniformite, uzama ve iplik olabirlik indeksini etkilediği belirlenmiştir. Koza sayısı, odun dalı sayısı ve boy/nod oranı bakımından en yüksek değer taraklanma döneminde 200 cc/da Mg uygulamasında elde edilirken, en yüksek kütlü pamuk verimi çiçeklenme döneminde 200 cc/da Mg uygulamasından elde edilmiştir. Mg uygulaması pamuk veriminde 60 kg/da artışa yol açmıştır. En yüksek lif üniformitesi ve iplik olabirlik indeksi taraklanma döneminde 600 cc/da Mg uygulamasıyla elde edilmiş, diğer lif kalite özellikleri farklı dozlardan ve farklı uygulama dönemlerinden etkilenmiştir.

Sonuç: Pamuk üretiminde taraklanma veya çiçeklenme döneminde magnezyum uygulamasının pamuk verimini ve bazı lif kalite özelliklerini olumlu yönde etkilemesi nedeni ile yeşil aksama uygulanmasının faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

INTRODUCTION

Magnesium is an essential macro element that affects the growth and development of plants, however it is known that further research is being done on other nutritional elements. For this reason, the concept of a forgotten element emerged and was used (Çakmak & Yazıcı, 2010; Guo et al., 2016). A defining reason for this gap in research is that Mg deficiency is often unrecognized or undiagnosed in agriculture. Indeed, acute Mg deficiency is typically associated with visible intervascular chlorosis and reduced growth, while the more common latent deficiency is often not visible and difficult to diagnose, but negatively affects crop yield (Çakmak & Yazıcı, 2010; Çakmak & Kirkby, 2008). Root growth in the plant decreases in magnesium deficiency, and it has been reported that monitoring root growth under Mg deficiency conditions may be a more reliable indicator than chlorosis (Çakmak et al., 1994).

Plant production frequently experiences both latent and acute magnesium shortages (Römheld & Kirkby, 2007). A common sign of magnesium insufficiency is intravenous chlorosis of the leaves. Since Mg acts as the central atom in the chlorophyll molecule, the development of chlorosis requires prior degradation of chlorophyll. Since Mg is strongly bound to this molecule, chlorosis appears to be a late response to Mg deficiency. In plants well-nourished with Mg, only approximately 20% of the total Mg is bound to chlorophyll, while the remaining approximately 80% is found in more mobile forms (Marschner et al., 1996; Marschner, 2012).

Symptoms of magnesium excess are generally rare. The most important negative effect of magnesium excess is that it prevents K and Ca uptake. The Mg concentration required for optimal plant growth is between 0.15 and 0.35% of the plant dry weight (Karaman, 2012).

Magnesium is a silver-white metal and is often used by mixing it with other metals. Its chemical symbol is Mg, atomic number is 12; this element, with an atomic weight of 23.312, is one of the lightest metals and has gained importance with this feature. Chlorophyll, which gives the green color to the leaf, contains magnesium. Since magnesium is included in the composition of chlorophyll, in case of its deficiency, not enough chlorophyll can be formed in the leaves and as a natural result, chlorosis problem occurs in the leaves. The most important function of magnesium is to be the central cation in the chlorophyll molecule. Magnesium is a mobile element in plants, so it accumulates most in the growth tips of plants and especially in young leaves. Magnesium is a mobile nutrient, and its remobilization occurs from older leaves to younger leaves (Taiz & Zeiger, 2010). It is transported to the seed from these regions during seed formation. Magnesium deficiency first manifests itself in older leaves.

It is known that plants absorb magnesium from the soil in the form of Mg²⁺ ions. Magnesium is taken into plant root cells either actively by energy-requiring metabolic processes or passively by diffusion along a channel along a concentration gradient (from high Mg concentration to low Mg concentration). Some researchers have stated that Mg is passively taken up into root cells, but at a later stage, it is transferred from the cytoplasm to the vacuole by active uptake processes through carrier pumps present in the membrane such as H-ATPase and inorganic pyrophosphatase. Although the dissolved Mg level in the soil solution is higher than K, Mg migration into the root is less than K migration. It has been stated that changing Ca:Mg ratios in soil does not affect fiber yield, fiber quality properties and K uptake in cotton (Stevens et al., 2005). Prior studies have revealed that excess K in soil can limit the uptake of both Mg and Ca from the soil and vice versa. Antagonistic effects between Mg, Ca and K have also been reported by other researchers (Farhat et al., 2016; Chaganti & Culman, 2017).

The most ubiquitous enzyme on earth, ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP) carboxylase, is a crucial Mg-activated enzyme involved in photosynthesis. As a result, magnesium deficiency adversely affects numerous vital physiological and biochemical processes in plants, which deteriorates growth and output. Generally, magnesium's role in metabolic processes stems from its ability to activate a multitude of enzymes (Çakmak & Yazıcı, 2010). For this reason, it is stated that there are new findings that it effects on issues

such as the physiology of Mg uptake by plants and the role of Mg in stress physiology (heat, drought, low pH, high radiation, metal toxicity, etc.) (Granse & Fühns, 2013).

It has been reported that magnesium increases resistance to diseases in plants and has both a direct and indirect effect on the disease, its response to changing environmental conditions may be different due to its antagonistic effect with other elements, and fusarium wilt pathogens are less effective in the presence of sufficient Mg (Huber & Jones, 2012).

The concentration of Mg in plant tissues varies not only according to the plant species and variety but also according to the developmental stage of the plant and its development period. Ahmed et al. (2020), reported that the amount of Mg in the leaves, stems and roots of cotton was 801.6 mg/kg, 765.4 mg/kg, 649.5 mg/kg, respectively, Mg deficiency causes browning, yellowing, and necrosis of the leaves, and photosynthesis decreased due to the accumulation of sugars and starches in photosynthetic products. Although the Mg concentration of the plant varies depending on the level of other mineral nutrients and environmental factors, it is also affected by climatic factors. Although the importance of magnesium as an essential phytonutrient in plants is well established, the effect of Mg on quality parameters has rarely been addressed (Gerendas & Fühns, 2013).

The purpose of this study was to determine the effects of different applications of magnesium on seed cotton yield and fiber yield, yield attribute traits, fiber quality characteristics, chlorophyll content and NDVI value.

MATERIALS and METHODS

This experiment was conducted in 2021 in the experimental area of the Siirt University Faculty of Agriculture. In the research, MAY 455 upland cotton variety obtained from the private sector was used as plant material, and Magnesium Sulfate in liquid form was used as a magnesium source.

Soil samples were taken from the trial area from 0-30 cm soil depth before planting and some soil properties were analyzed at the university laboratory. The determined features are given below in Table 1.

Table 1. Main properties of the soil in the experimental area

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının başlıca özellikleri

Specifications	Value
Clay-Loam, %	59,4
Electrical conductivity, dS /m	0,37
pH	7,90
Lime, %	1,58
Organic matter, %	0,92
Phosphorus, P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	5,59
Potassium, K ₂ O (kg da ⁻¹)	27,28

** : Siirt University, Science and Technology Application and Research Center's Laboratory

Planting was performed with a cotton experimental planting machine on 13 April 2021, and each parcel, four rows with a length of 6 m was planted, inter-rows were fixed at 0.7 m during sowing and a 2 m gap was left between blocks. A total of 140 kg ha⁻¹ nitrogen and 80 kg ha⁻¹ phosphorus were supplied to the experiment. At the sowing, 80 kg ha⁻¹ nitrogen and 80 kg ha⁻¹ phosphorus were applied to the band with a seeder in the form of compose fertilizer, and the remaining nitrogen (60 kg ha⁻¹ N) was applied in the form of urea before the first irrigation.

Climate data for 2021, when the experiment was conducted, and long- term climate data have been given in Figures 1 & 2. When the climate data for 2021 is compared to the long term, it can be observed that the minimum, maximum and average temperature values are above the long-term average (Figure 1).

When the total amount of precipitation is examined, it is seen that the amount of precipitation in the year when the experiment was conducted was behind the long term. The relative humidity values of the year in which the experiment was conducted were behind long-term in April, May, June, October and November, and above long-term in July, August and September (Figure 2).

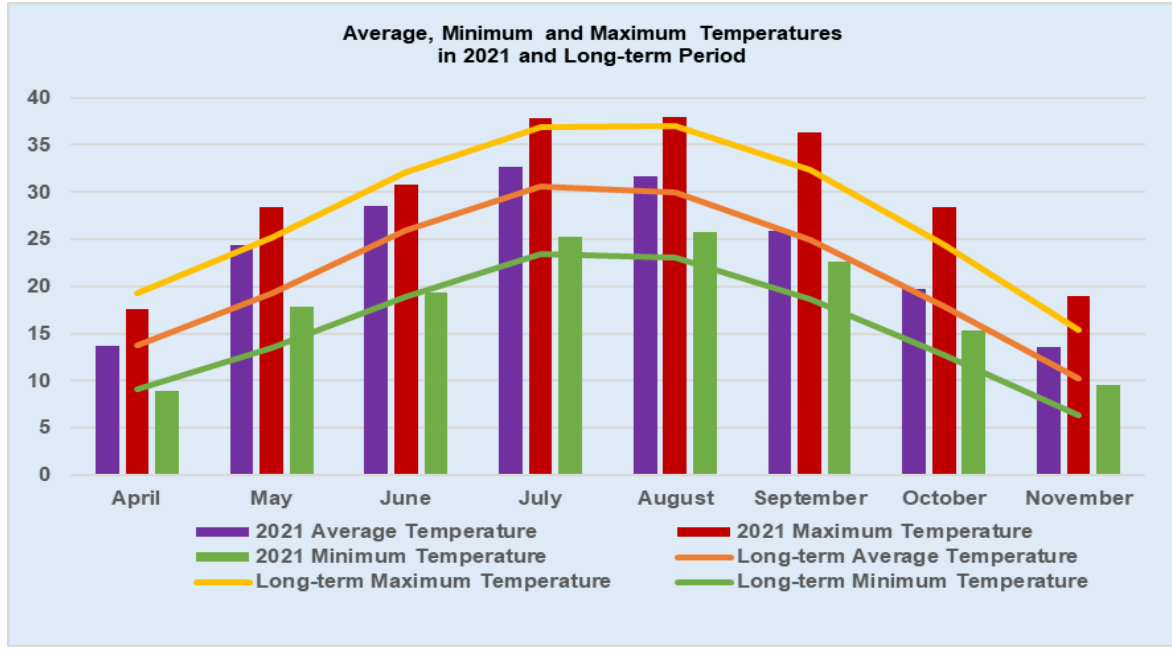


Figure 1. Minimum, maximum and average temperature during 2021 and long-years period.

Şekil 1. 2021 yılına ve uzun yıllara ait minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri.

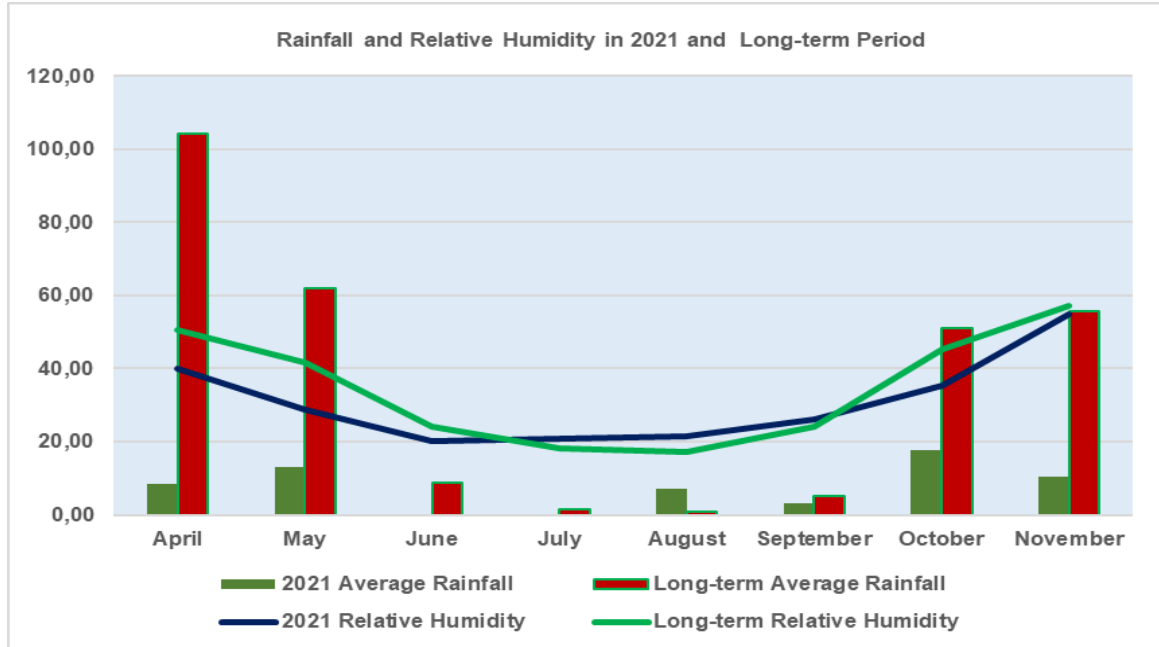


Figure 2. Average rainfall and relative humidity during 2021 and long-years period.

Şekil 2. 2021 yılına ve uzun yıllara ait yağış ve nispi nem değerleri.

Magnesium was applied as foliar treatment with the use of a back sprayer. It was compared with the control by applying doses of 200 cc, 400 cc and 600 cc da⁻¹ during the squaring period of plant development and the flowering period. The experiment was conducted and analyzed according to the completely randomized block design with 4 repetitions and 7 different magnesium treatments were included in the experiment.

All maintenance operations in the trial were performed on time. Regular pest control was carried out, during the observations made in June, the *thrips* pest was found, and the pest was taken under control by insecticide. The furrow irrigation method was applied, irrigation started during the blooming period and terminated 10% of the bolls opening.

In the study, some agronomic characteristics were recorded from randomly selected 10 plants of each plot, and normalized difference vegetative index values (NDVI) were determined by a GreenSeeker, which is a handheld crop sensor from the center two rows of the plot and 60 cm above the cotton plant during the flowering stage, 15 days after the magnesium application. Chlorophyll content was determined according to Johnson & Sounders (2003) using the top 5th newly opened leaf and fully grown, ten randomly selected plants from each plot during the flowering stage (15 days after magnesium application) with the help of Minolta SPAD-502 instrument.

Harvesting was done manually and completed two times. The first picking was performed on September 15, when 60% of the bolls opened, and the remaining product was completed in the second harvest on October 2, 2021. First and second-hand harvested cotton was weighed separately and then converted into total yield. After the harvest was completed, samples of seed cotton were ginned with a small roller-gin to determine the ginning percentage. Fiber samples were analyzed for fiber quality properties with the Uster HVI 1000.

All data collected from the experiment were analyzed according to the completely randomized block design with 4 repetitions and groupings were made according to Duncan's multiple range tests at $p \leq 0.05$.

RESULTS and DISCUSSION

The differences between investigated traits and Duncan's test results are given in Tables 2-4.

Table 2. Average values and statistical levels of investigated agronomic traits

Çizelge 2. İncelenen agronomik özelliklere ait ortalama değerler ve istatistik gruplamalar

Applications	PH	NMB	NSB	NNFFB	NN	HNR	BN	BW
1. Control	63.86±1.44	2.26±0.02 ^{bc}	10.60±0.19	6.33±0.40 ^b	16.93±0.49	3.78±0.03 ^b	8.86±0.34 ^c	7.13±0.07 ^a
2. Squaring (200 cc)	70.80±2.95	3.00±0.10 ^a	10.66±0.76	6.26±0.61 ^b	16.93±1.16	4.28±0.17 ^a	11.93±1.26 ^a	6.93±0.18 ^{abc}
3. Squaring (400 cc)	67.53±0.38	1.66±0.02 ^c	10.20±0.21	6.20±0.28 ^b	16.40±0.37	4.13±0.10 ^{ab}	8.66±0.18 ^c	6.96±0.08 ^{abc}
4. Squaring (600 cc)	70.66±1.41	2.93±0.35 ^{ab}	9.93±0.25	8.00±0.12 ^a	17.93±0.29	3.95±0.01 ^{ab}	8.80±0.79 ^c	6.63±0.11 ^c
5. Flowering (200 cc)	70.33±2.72	2.26±0.15 ^{abc}	11.06±0.64	6.40±0.21 ^b	17.46±0.45	4.04±0.09 ^{ab}	11.26±0.17 ^{ab}	7.00±0.05 ^{ab}
6. Flowering (400 cc)	66.80±1.95	2.73±0.38 ^{ab}	10.40±0.04	7.40±0.20 ^{ab}	17.80±0.31	3.77±0.05 ^b	10.00±0.33 ^{abc}	7.16±0.10 ^a
7. Flowering (600 cc)	67.40±1.86	2.00±0.11 ^c	9.53±1.69	6.46±0.45 ^b	17.33±1.04	3.93±0.16 ^{ab}	9.33±0.72 ^{bc}	6.63±0.10 ^{bc}
Mean	68.20	2.40	10.34	6.72	17.25	3.98	9.83	6.92
CV (%)	6.30	19.18	15.84	11.72	8.46	5.78	14.52	3.42
F value	ns	4.65**	ns	3.10*	ns	2.50*	3.29*	3.32*

*, **, Significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant ($p < 0.05$).

PH: Plant height; NMB: Number of monopodial branches; NSB: Number of sympodial branches; NNFFB: Node number of first fruiting branches; NN: Number of nodes; HNR: Height/Node ratio; BN: Boll number; BW: Boll weight.

Plant height

Average values of plant height varied between 63.86 and 70.80 cm, depending on the magnesium applications, however, the differences between the treatments were not significant. It can be observed that the general average of the trial is 68.20 cm as shown in Table 2.

From the same table, it can be seen that the highest plant height value was obtained from the 200 cc/da magnesium application during the squaring period, which is the second application (70.80 cm), and the lowest value of plant height was observed from the control (63.86 cm). In the study, it was determined there was a slight increase in plant height values with magnesium application compared to the control, Sankaranarayanan et al. (2010) revealed that plant height was not affected by magnesium. Madaan et al. (2014) and Sadeghi et al. (2021) also revealed the same results, however, Jayalalitha & Narayanan (1996) and also Mobarak et al (2013), pointed out that plant height was slightly affected by magnesium deficiency in cotton. It was reported that in the registration trials of the MAY 455 cotton variety in 2021, the plant height varied between 86 and 100 cm, and in 2022 it varied between 100 and 117 cm (Anonymous, 2023). In this study, the plant height was found to be lower. These differences may have been due to planting time, cultural practices, climatic conditions etc.

Number of monopodial branches

As shown in Table 2, the differences between treatments are statistically significant at the 1% probability level for the number of monopodial branches. The average values for the number of monopodial branches in the plant changed between 1.66 and 3.00 number plant⁻¹, and the overall average value of the experiment was 2.40 number plant⁻¹.

The lowest value of the number of monopodial branches was recorded with the magnesium application at a dose of 400 cc/da during the squaring stage (1.66 number plant⁻¹) while the highest value was recorded from the magnesium application during the squaring stage at a dose of 200 cc/da. It is seen that magnesium applications applied in different doses and different plant development periods such as squaring and flowering have a significant effect on the number of monopodial branches. Rajakumar et al. (2010) reported that magnesium applications positively affected the number of monopodial branches.

Number of sympodial branches

It can be observed that there were no statistically significant differences in terms of the number of fruiting branches. The average values recorded for the number of fruiting branches per plant ranged from 9.53 to 11.06, and the overall average of the experiment was 10.34 number per plant⁻¹ (Table 2).

For the number of fruiting branches, the lowest value (9.53 number plant⁻¹) was observed from the magnesium treatment applied at a dose of 600 cc/da during the flowering stage, and the highest value (11.06 number plant⁻¹) was recorded from the magnesium treatment applied to the during the flowering stage, at a dose of 200 cc/da, however, it can be observed that the differences between magnesium applications are not statistically significant.

Research findings appear to differ from those of Durmaz (2002) and Rajakumar & Gurumurthy (2008), who reported that magnesium applications positively affected the number of fruiting branches. The reason for this may be the type of cotton used as plant material in the study, climatic factors, differences in the cultural applications, and differences in nutrients in the soil.

Number of nodes of first fruiting branches

There were statistically significant differences between magnesium treatments for the number of nodes of the first fruiting branches as shown in Table 2. The values changed between 6.20 and 8.00 number plant⁻¹. The lowest value for the number of nodes of first fruiting branches was 6.20 number plant⁻¹, obtained from

400 cc/da magnesium treatment during the squaring stage, and the highest value for the number of nodes of first fruiting branches was 8.00 number plant⁻¹, obtained from 600 cc/da magnesium treatment during the squaring stage. The results of the study showed that magnesium applications affected the nodes number of first fruiting branches, which is known as an important earliness criterion in the plant.

Number of nodes

Table 2 shows that there were no significant statistically differences between magnesium treatments for the number of nodes. As shown the average values regarding the number of nodes varied between 16.40 and 17.93 number per plant⁻¹, and the overall average value of the trial was 17.25 number per plant⁻¹. The highest value (17.93) was obtained with magnesium application applied at a dose of 600 cc/da during the squaring stage, it is seen that the lowest value (16.40 number plant⁻¹) was obtained from 400 cc/da magnesium application during the squaring stage.

Height/node ratio

In Table 2, it can be seen that there was a significant statistical difference between the applications in terms of the height/node ratio (HNR) at the 5% significance level.

Average values obtained for the height/node ratio, which is an important indicator of plant development, depending on the treatments, ranged between 3.77 and 4.28 number per plant⁻¹; it is seen that the highest value was obtained from the application of magnesium at a dose of 200 cc/da during the squaring stage (4.28 number plant⁻¹) and this treatment was followed by magnesium application of 400 cc/da during the squaring period.

The lowest height/node ratio value (3.77 number plant⁻¹) was obtained with magnesium application during the flowering stage at a dose of 400 cc/da. It is seen that application of magnesium to cotton has a statistically significant effect on the height/node ratio (Table 2).

Number of bolls

The average values for the number of bolls vary between 8.66 and 11.93 number/plant; as a result of the statistical analysis, it is seen that there are statistically significance differences between the applications at the 5% probability and the overall average of the experiment is 9.83 number/plant.

The lowest boll number (8.66 number/plant) was obtained from magnesium application during the squaring period at a dose of 400 cc/da and the control, while the highest boll number (11.93 number/plant), was obtained from magnesium applied at a dose of 200 cc/da during the squaring stage and followed by magnesium application during the flowering stage at a dose of 200 cc/da (Table 2).

The results of this study coincide with the studies done by Rajakumar & Gurumurthy (2008), who reported that higher values were obtained in the number of bolls by applying magnesium and micronutrient elements to the green parts and Ali et al. (2019) indicated that the number of bolls increased with the combined application of magnesium and nitrogen to the leaves.

Boll weight

The average values obtained for boll weight ranged between 6.63 and 7.16 g, depending on the applications; It is seen that there are statistically significant differences between the applications at the 5% probability level and the overall average of this experiment is 6.92 g (Table 2).

The lowest value for boll weight (6.63 g) was observed from the magnesium application during the squaring stage at a dose of 600 cc/da (6.63 g) and the magnesium application during the flowering stage at a dose of 600 cc/da, while the highest boll weight value was observed as 7.16 g from magnesium applied during the flowering stage at a dose of 400 cc/da.

Rajakumar & Gurumurthy (2008) and Singh et al. (2015) reported that higher values in boll weight were obtained by applying magnesium to the green parts of the plant.

Seed cotton boll weight

It is seen that the values obtained for seed cotton boll weight vary between 5.13 and 5.53 g, but the differences between magnesium applications are not statistically significant. While the lowest seed cotton weight per boll (5.13 g), was observed from the magnesium treatment during the squaring stage at a dose of 600 cc/da, the highest value (5.53 g), was observed from the control and from the magnesium application during the flowering stage at a dose of 400 cc/da (Table 2).

Number of seeds in boll

It is seen from the Table 3 that the values obtained in terms of the number of seeds in the boll changed between 28.53 and 31.10 number boll⁻¹ depending on the treatments, but no significant differences were detected between magnesium applications. The lowest value in terms of number of seeds in the boll was observed from 600 cc/da magnesium application during the squaring stage, with a value of (28.53), while the highest value, with a value of (31.10) was observed from 200 cc/da magnesium treatment during the squaring stage. However, Sadeghi et al. (2021) reported that magnesium effectively increases photosynthesis and the delivery of assimilates to the seed due to the increase in enzymatic activity.

Table 3. Average values and statistical levels of investigated traits

Çizelge 3. İncelenen özelliklerin ortalama değerleri ve istatistiki gruplamalar

Applications	SCBW	SB	FPP	GP	SPAD	NDVI	SCY	FY
1. Control	5.53±0.05	30.50±0.81	77.46±5.40	45.73±0.22	47.63±1.57	0.75±0.01	387.73±18.00 ^{bc}	177.24±8.14
2. Squaring (200 cc)	5.33±0.19	31.10±0.69	85.73±3.02	46.53±0.40	48.43±1.24	0.70±0.02	403.80±18.56 ^{abc}	187.75±7.64
3. Squaring (400 cc)	5.36±0.07	29.76±0.41	84.56±3.05	46.73±0.30	43.43±2.00	0.72±0.01	378.57±22.17 ^c	176.80±9.38
4. Squaring (600 cc)	5.13±0.15	28.53±0.52	84.58±1.01	46.00±0.15	45.86±2.50	0.76±0.01	443.29±20.94 ^{ab}	203.77±8.97
5. Flowering (200 cc)	5.46±0.06	30.06±0.13	85.31±4.11	45.73±0.45	47.26±1.84	0.76±0.00	446.74±5.90 ^a	204.33±4.64
6. Flowering (400 cc)	5.53±0.10	30.30±0.08	80.87±2.14	46.40±0.30	43.50±1.69	0.73±0.02	404.52±12.82 ^{abc}	187.63±4.82
7. Flowering (600 cc)	5.40±0.25	30.20±0.43	87.32±1.70	46.00±0.30	46.50±2.82	0.73±0.01	410.51±5.83 ^{abc}	188.89±3.40
Mean	5.39	30.06	83.69	46.16	46.09	0.73	410.74	189.49
CV (%)	5.89	3.62	8.34	1.50	9.45	4.60	8.50	8.05
F value	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.18*	ns

*, **, Significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant ($p < 0.05$).

SCBW: Seed cotton boll weight; SB: Seeds per boll; FPP: First picking percentage; GP: Ginning percentage; SPAD: Chlorophyll Content; NDVI: Normalized difference vegetative index; SCY: Seed cotton yield; FY: Fiber Yield.

First picking percentage

It can be seen from Table 3 that there were non-significant differences between magnesium treatments in terms of first picking percentage, which is known to be an important earliness criterion. The mean values of the first picking percentage values depending on the magnesium doses ranged between 77.46 and 87.32% and the overall average of the trial was 83.69%. In terms of first picking percentage, the highest result was observed from the magnesium application applied at a dose of 600 cc/da during the flowering stage (87.32%), and the lowest value was observed from the control application (77.46%).

Ginning percentage

The ginning percentage values obtained as a result of magnesium applications varied between 45.73 and 46.73% and the overall average of the experiment was 46.16%. The control application and magnesium application during the flowering stage at a dose of 200 cc/da showed the lowest value (45.73%) in terms of

ginning efficiency, and the highest value (46.73%), was observed from the magnesium application at a dose of 400 cc/da during the squaring stage (Table 3). However, it can be observed that the differences between the applications are not statistically significant. Similar findings were reported by Singh et al. (2015).

Chlorophyll content (SPAD value)

Leaf chlorophyll content (SPAD) values varied between 43.43 and 48.43% depending on magnesium applications; however, it appears that the differences between treatments are not statistically significant. The highest leaf chlorophyll content (SPAD value) of 48.43% was obtained from magnesium applied during the squaring period at a dose of 200 cc/da, while the lowest leaf chlorophyll content (SPAD value) value of 43.43% was observed from 400 cc/da dose during the squaring stage.

In this study, it was determined that magnesium applied in different periods and at different doses did not have a significant effect on the chlorophyll content of the plant, and although the highest chlorophyll content (SPAD) value was obtained from magnesium applied during the squaring period at a dose of 200 cc/da, the differences were not statistically significant when compared to the control (Table 3).

Madaan et al. (2014) reported that elements such as N, Mg, and Fe have key roles in the structure and synthesis of chlorophyll. It has been reported by (Helmy et al., 1960; Reddy et al., 1996; Çakmak & Yazıcı, 2010; Rathika et al., 2013; Hauer Jâkli & Trankner, 2019; Ahmed et al., 2020) that magnesium has a dominant role in photosynthesis and plays an important role in chloroplast-related processes, which contain over 35% Mg in the leaves. The fact that no significant differences were found between the treatments in terms of chlorophyll content (SPAD value) in the study may be related to the amount of magnesium used in the application, the application method and time, the development period of the plant and the amount of magnesium in the soil.

Normalized Difference Vegetative Index (NDVI)

It is seen that normalized difference vegetative index (NDVI) values varied between 0.70 and 0.76 depending on magnesium applications, but the differences between the treatments were not significant. The highest NDVI was recorded from the magnesium application at a dose of 600 cc/da during the squaring stage (0.76) and the magnesium application at a dose of 200 cc/da during the flowering period, while the lowest NDVI value was recorded from the magnesium treatment applied at a dose of 200 cc/da during the squaring stage as 0.70 (Table 3).

Seed cotton yield

Table 3 shows that the statistical difference between magnesium applications in terms of seed cotton yield is significant at the 5% probability level. It can be seen from the same table that the average values obtained for seed cotton yield depending on magnesium applications range between 378.57 and 446.74 kg/da, and the general average seed cotton yield value of the trial is 410.74 kg/da. The highest seed cotton yield value was obtained from the 200 cc/da magnesium application during the flowering period (446.74 kg/da), while the lowest seed cotton yield (378.57 kg/da) was recorded from 400 cc/da magnesium application during the squaring stage. In the registration document of the MAY 455 cotton variety, it is reported that the yield varies between 550 and 650 kg/da (Anonymous, 2023). The lower yield was obtained in this study, and this is due to the fact that the minimum, average and maximum temperature values in 2021 were above long-term as shown in Figure 1. Planting time, irrigation time and irrigation amount and other cultural practices are also important factors on yield.

In the experiment, it is seen that magnesium applications have a significant effect on seed cotton yield. Among magnesium applications, the highest seed cotton yield was obtained with the application of 200 cc/da during the flowering stage, and there was a difference of 68.17 kg/da between the lowest and highest seed cotton yield.

Findings that magnesium increases productivity have also been reported by many researchers (Durmaz, 2002; Deshpande et al., 2015; Singh et al., 2016; Kajana, 2020; Swetha et al., 2020, Wang et al., 2020).

Fiber yield

In Table 3, it can be observed that the average values of fiber yield changed between 176.80 and 204.33 kg da⁻¹ depending on magnesium treatments and the average fiber yield value obtained from the trial was 189.49 kg da⁻¹.

The highest value in fiber yield was observed from the 200 cc/da magnesium application during the flowering period (204.33 kg da⁻¹), this application was followed by the 600 cc/da during the squaring period (203.77 kg da⁻¹), it can be observed that the lowest value for fiber yield was observed from 400 cc/da magnesium application (176.80 kg da⁻¹) during the squaring period. It can be seen in Table 3 that there are no statistically significant differences between the magnesium treatments in terms of fiber yield.

Ali et al. (2019) reported that they achieved an increase in fiber cotton yield by applying magnesium in combination with nitrogen and potassium.

Fiber quality properties

Magnesium applications differed significantly in terms of strength, elongation, uniformity and spinning consistency index; however, micronaire, fiber length, short fiber index, yellowness, and reflectance did not differ significantly between applications (Table 4).

Table 4. Mean values and statistical levels of fiber quality properties

Çizelge 4. Lif kalite özelliklerine ait ortalama değerler ve istatistik gruplamalar

Applications	FF	FL	STR	ELG	UNF	SFI	YLW	RF	SCI
1. Control	5.32±0.02	29.72±0.13	34.30±0.75 ^b	5.93±0.08 ^{ab}	83.03±0.27 ^b	6.43±0.31	8.63±0.16	77.80±0.33	140.00±2.59 ^c
2. Squaring (200 cc)	5.26±0.13	28.80±0.26	33.76±0.50 ^b	5.63±0.05 ^c	84.46±0.39 ^a	7.40±0.38	8.96±0.14	78.50±0.17	144.33±3.27 ^{abc}
3. Squaring (400 cc)	5.14±0.04	28.88±0.24	33.70±0.52 ^b	6.16±0.09 ^a	84.40±0.14 ^a	7.10±0.19	8.46±0.09	78.26±0.61	144.66±1.46 ^{bc}
4. Squaring (600 cc)	5.04±0.04	29.52±0.32	36.10±0.30 ^{ab}	5.86±0.04 ^{bc}	84.73±0.20 ^a	6.70±0.43	8.53±0.06	78.53±0.26	156.00±2.12 ^a
5. Flowering (200 cc)	5.25±0.08	29.41±0.08	35.83±1.02 ^{ab}	5.93±0.11 ^{ab}	84.56±0.24 ^a	6.20±0.12	8.83±0.09	77.43±0.67	151.66±5.13 ^{abc}
6. Flowering (400 cc)	5.19±0.02	29.41±0.23	36.13±0.57 ^{ab}	5.76±0.03 ^{bc}	84.30±0.09 ^a	6.80±0.26	8.93±0.12	77.93±0.63	151.66±1.32 ^{abc}
7. Flowering (600 cc)	5.08±0.10	29.29±0.30	37.13±1.30 ^a	5.66±0.01 ^{bc}	84.43±0.10 ^a	7.23±0.28	8.86±0.09	76.70±0.08	155.66±5.70 ^{ab}
Mean	5.18	29.29	35.28	5.85	84.27	6.83	8.74	77.88	149.14
CV (%)	3.17	1.78	4.77	2.75	0.59	0.09	2.93	1.26	5.04
F value	ns	ns	2.50*	5.17**	5.12**	ns	ns	ns	2.70*

*, **; Significant at P ≤ 0.05 and p ≤ 0.01, respectively

Different letters in the same column indicate that the difference between the means is statistically significant (p < 0.05).

FF: Fiber fineness; FL: Fiber length; STR: Fiber strength; ELG: Elongation; UNF: Uniformity; SFI: Short fiber index; YLW: Yellowness; RF: Reflectance; SCI: Spinning consistency index.

Fiber strength

The average values obtained regarding the fiber strength value, depending on the applications, varied between 33.70 and 37.13 g/tex. It is seen that there are statistical differences between the treatments at the 5% significance level and the overall average of the trial is 35.28 g/tex. In terms of fiber strength, the lowest value of 33.70 g/tex was observed from 400 cc/da magnesium treatment during the squaring stage, while the highest value of 37.13 g/tex was observed from 600 cc/da application during the flowering stage (Table 4).

Kajana (2020) reported that fiber quality parameters such as fiber strength are improved with MgO nanoparticles according to the sulfate form of Mg fertilizers, and it is similar to the research findings. Sankaranarayanan et al. (2010) reported that fiber strength was not affected by the application of micronutrients, and the research results seem to differ.

Fiber elongation

Depending on the magnesium treatment, fiber elongation values varied from 5.63 to 6.16%; significant differences between the applications are observed at the 1% significance level, and the trial's

overall average is 5.85%. It was shown that applying 200 cc/da of magnesium during the squaring stage produced the lowest value of fiber elongation (5.63%) while applying 400 cc/da of magnesium over the same period produced the maximum value of 6.16% (Table 4).

These results differ from those of Sankaranarayanan et al. (2010), who reported that fiber elongation was not affected by the application of micronutrient elements.

Fiber uniformity

Fiber uniformity values varied between 83.03 and 84.73%, and it is seen that there are significant statistical differences between the applications at the 1% probability level and the overall average of the trial is 84.27%. While the lowest value in terms of fiber uniformity was obtained from the control application with 83.03%, the highest value with 84.73% was obtained from the 600 cc/da magnesium application during the squaring stage. It was found in this investigation that magnesium applying magnesium raised the fiber uniformity value (Table 4).

Gerendas & Fühns (2013) reported that the effect of magnesium on quality characteristics may be indirect by improving the nutritional element level of the product.

Spinning consistency index

Table 4 shows that there is a statistically significant difference at the 5% probability level between the treatments in terms of the spinning consistency index (SCI). Depending on the magnesium applications, the SCI varied between 140.00 and 156.00, and the overall average of the experiment was 149.14. While the lowest value in terms of SCI was obtained from the control application with 140.00, the highest SCI value with 156.00 was obtained from the magnesium applied during the squaring stage at a dose of 600 cc/da. This application was followed by magnesium application at a dose of 600 cc/da at the flowering stage with a value of 155.66 and they were in the same statistical group (Table 4).

It is seen that magnesium applications lead to an increase in the spinning consistency index and significant differences are obtained compared to the control.

CONCLUSION

Results in this investigation indicated that magnesium applications had a significant effect on the number of monopodial branches, number of nodes of the first fruiting branches, HNR, number of bolls, boll weight, seed cotton yield, fiber strength, uniformity, elongation, and SCI. Other characteristics examined in the research include plant height, number of nodes, number of fruiting branches, seed cotton boll weight, number of seeds in the boll, first picking percentage, ginning outturn, chlorophyll content (SPAD value), NDVI value (normalized difference vegetative index) and fiber yield was not affected by magnesium applications. It was determined that the fiber length, fiber fineness, short fiber index, fiber reflectance, and fiber yellowness values, which are among the fiber quality criteria, were not statistically affected by magnesium treatments.

In the study, the highest value in terms of the number of bolls, number of monopodial branches and height/node ratio were observed with 200 cc/da Mg treatment during the squaring stage. The highest values in terms of the number of nodes of first fruiting branches, uniformity and SCI values were obtained from 600 cc/da Mg application during the squaring stage and the highest elongation value was observed from 400 cc/da Mg application during the squaring stage. While the highest value in boll weight was recorded with the application of 400 cc/da Mg during the flowering stage, the highest fiber strength was recorded during the flowering stage with the dose of 600 cc/da.

In the study, seed cotton yield was affected by magnesium applications and seed cotton yield varied between 378.57 and 446.74 kg/da. The highest value for seed cotton yield, 446.74 kg/da, was obtained from magnesium applied at a dose of 200 cc/da during the flowering stage and this application was followed

by magnesium application at a dose of 600 cc/da during the squaring stage, with 443.29 kg/da. There was a difference of 68.17 kg/da between the lowest and highest seed cotton yield.

It has been concluded that magnesium treatment significantly and positively affects the seed cotton yield and some important fiber quality properties of the cotton plant, and therefore, it may be beneficial to apply it to the green parts of the plant during the squaring or flowering stage in cotton production.

Data Availability

Data will be made available upon reasonable request.

Author Contributions

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

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.

Article Description

This article was edited by Section Editor Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK.

REFERENCES

- Ahmed, N., M. A. Ali, S. Danish, U. K. Chaudhry, S. Hussain, W. Hassan, F. Ahmad & N. Ali, 2020. "Role of Macronutrients in Cotton Production, 81-104". In: *Cotton Production and Uses*, Chapter 6. (Eds. S. Ahmad & M. Hasanuzzaman,) Springer, Singapore, 641 pp. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2_6.
- Ali, H., M. S. Tahir, S. Hussain, R. N. Shabbir, A. Areeb & A. Sher, 2019. Combined foliar applied nitrogen, potassium and magnesium improved yield, fiber quality and water use efficiency of cotton under water limited environment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 22 (1): 115-121. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1040>.
- Anonymous, 2023. Cotton Registration Report. Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry Variety Registration and Seed Certification Center, Ankara, 28 pp.
- Çakmak, İ. & A. M. Yazıcı, 2010. Magnesium: A forgotten element in crop production. *Better Crops*, 94 (2): 23-25.
- Çakmak, İ. & E. A. Kirkby, 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum*, 133: 692-704. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x>.
- Çakmak, I., C. Hengeler & H. Marschner, 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 45 (9): 1245-1250. <https://doi.org/10.1093/jxb/45.9.1245>.
- Chaganti, V. N. & S. W. Culman, 2017. Historical perspective of soil balancing theory and identifying knowledge gaps: A review. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 3: 1-7. <https://doi.org/10.2134/cftm2016.10.0072>.
- Deshpande, A. N., R. S. Masram & B. M. Kamble, 2015. Effect of fertilizer levels and foliar application on morphological characters, nutrient content and yield of cotton. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 6 (2): 230-239. <http://dx.doi.org/10.5958/0976-4038.2015.00041.X>.
- Durmaz, M., 2002. Effect of Different Doses of Mg Applications on Yield and Quality in Cotton Plants. Cukurova University, Institute of Science, (Unpublished) MSc thesis Adana, 48 pp.
- Farhat, N., A. Elkhouni, W. Zorrig, A. Smaoui, C. Abdelly & M. Rabhi, 2016. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38 (145): 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>.

- Gerendas, J. & H. Führs, 2013. The significance of magnesium for crop quality. *Plant and Soil*, 368: 101-128. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1555-2>.
- Gransee, A. & H. Führs, 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368: 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>.
- Guo, W., H. Nazim, Z. Liang & D. Yang, 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, (2): 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>.
- Hauer-Jákli, M. & M. Tränkner, 2019. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis from 70 years of research. *Frontiers in Plant Science*, 10: 766. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>
- Helmy, H., H. E. Joham & W. C. Hall, 1960. Magnesium Nutrition of American Upland and Egyptian Cottons. Texas Agricultural Experiment Station, No: 411, 16 pp.
- Huber, D. M. & J. B. Jones, 2012. The role of magnesium in plant disease. *Plant Soil*, 368 (1): 73-85. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1476-0>.
- Jayalalitha, K. & A. Narayanan, 1996. Growth and mineral composition of magnesium deficient cotton plants grown in solution culture. *Annals of Plant Physiology*, 10 (1): 11-16.
- Johnson, J. R. & J. Saunders, 2003. Evaluation of chlorophyll meter for nitrogen management in cotton. Annual Report, 162-163.
- Kajana, D., 2020. Foliar application of magnesium oxide nanoparticles on nutrient element concentrations, growth, physiological, and yield parameters of cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 43 (20): 3035-3041. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1799001>.
- Karaman, M. R., 2012. Plant Nutrient Elements and Nutritional Physiology in Plants. *Plant Nutrition. Gübretaş Guide Book Series*, No: 2, 92 pp.
- Madaan, S., S. S. Siwach, R. S. Sangwan, O. Sangwan, C. Devraj, S. R. Pundir, A. Jain & K. Wadhwa, 2014. Effect of foliar spray of nutrients on morphological and physiological parameters. *Journal of Cotton Research and Development*, 28 (2): 268-271.
- Marschner, H., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic, Elsevier, Australia, 649 pp. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- Marschner, H., E. A. Kirkby & I. Çakmak, 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1255-1263. https://doi.org/10.1093/jxb/47.special_issue.1255.
- Mobarak, Z. M., M. M. Shaaban, M. M. El-Fouly & E. A. A. El-Nour, 2013. Improving growth and nutrient content of maize and cotton plants through magnesium nitrate foliar fertilization. *American Journal of Plant-Nutrition and Fertilization Technology*, 3 (2): 22-32. <http://dx.doi.org/10.3923/ajpnft.2013.22.32>
- Radhika, K., S. Hemalatha, S. Maragatham & A. Kanimozhi, 2013. Foliar application of micronutrients in cotton-a review. *Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 2 (3): 23-29.
- Rajakumar, D. & S. Gurumurthy, 2008. Effect of plant density and nutrient spray on the yield attributes and yield of direct sown and polybag seedling planted hybrid cotton. *Agricultural Science Digest*, 28 (3): 174-177.
- Rajakumar, D., S. Gurumurthy, B. J. Pandian & G. Thiyagarajan, 2010. Population dynamics and nutrient spray on the yield and economics of direct sown and transplanted hybrid cotton TCHB 213. *Indian Journal of Agricultural Research*, 44 (3): 206- 210.
- Reddy, A. R., K. R. Reddy, R. Padjung & H. F. Hodges, 1996. Nitrogen nutrition and photosynthesis in leaves of pima cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (5): 755- 770. <https://doi.org/10.1080/01904169609365158>.
- Römheld, V. & E. A. Kirkby, 2007. "Magnesium functions in crop nutrition and yield, 151-171". In: *Proceedings of a Conference in Cambridge (7th Dec. 2007)*, 575 pp.
- Sadeghi, F., A. Rezeizad & M. Rahimi, 2021. Effect of Zinc and Magnesium fertilizers on the yield and some characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in two years. *International Journal of Agronomy*, 2021: 8857222 (1-6). <https://doi.org/10.1155/2021/8857222>.

- Sankaranarayanan, K., C. S. Praharaj, P. Nalayini, K. K. Bandyopadhyay & N. Gopalakrishnan, 2010. Effect of magnesium, zinc, iron and boron application on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum*), Indian Journal of Agricultural Sciences, 80 (8): 699-703.
- Singh, K., P. Rathore & R. K. Gumber, 2015. Effects of foliar application of nutrients on growth and yield of Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Bangladesh Journal of Botany, 44 (1): 9-14. <https://doi.org/10.3329/bjb.v44i1.22717>
- Singh, K., S. Malik, A. Singh & P. Rathore, 2016. Influence of foliar feeding of nutrients on growth yield attributes and seed cotton yield of American Cotton. Journal of Cotton Research and Development, 30 (1): 69-72.
- Stevens, G., T. Gladbach, P. Motavalli & D. Dunn, 2005. Soil Calcium: Magnesium Ratios and Lime Recommendations for Cotton. The Journal of Cotton Science, 9: 65-71.
- Swetha, D., P. Laxminarayana, G. E. C. H. Vidyasagar, S. N. Reddy & H. K. Sharm, 2020. Impact of secondary and micronutrients on productivity and quality of Bt cotton: A review. International Journal of Economic Plants, 7 (2): 91-93. <http://dx.doi.org/10.23910/2/2020.0364>
- Taiz, L. & E. Zeiger, 2010. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, 782 pp.
- Wang, Z., M. Ul Hassan, F. Nadeem, L. Wu, F. Zhang & X. Li, 2020. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. Frontiers in Plant Science, 10: 1727. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):475-486
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1442274>

Ömer KESKİN^{1*} 

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Özel
Meslek Yüksekokulu, 65800, Van, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
omerkeskin@yyu.edu.tr

Türkiye'de döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisi: Kesirli-frekanslı Fourier testlerden kanıtlar

The impact of exchange rate on pesticide consumption in Türkiye: Evidence from fractional-frequency Fourier tests

Received (Alınış): 24.02.2024

Accepted (Kabul Tarihi):04.06.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, Türkiye'de zirai ilaç tüketiminin döviz kuruyla ilişkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: 1981-2022 dönemine ait yıllık zaman serilerinin kullanıldığı çalışmada öncelikle değişkenlerin durağanlıkları, kesirli-frekanslı Fourier ADF ve geleneksel ADF birim kök testleri uygulanarak sınanmıştır. Daha sonra değişkenler arasında bir eşbütünlük ilişkisi olup olmadığını saptamak için kesirli-frekanslı Fourier ADL eşbütünlük testi uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Birim kök testlerinin sonuçları, değişkenlerin durağanlık düzeylerinin I (1) olduğunu göstermiştir. Eşbütünlük testinin sonucunda zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru arasında negatif bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Buna göre döviz kurunda yaşanan %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketiminde uzun ve kısa dönemde sırasıyla %0.37 ve %0.10 kadar düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca çalışmada kurulan hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı saptanmıştır.

Sonuç: Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan değişimin temel dinamiklerinden birinin döviz kurundaki yükseliş olduğu açık bir şekilde söylenebilir. Döviz kurundaki yükseliş, zirai ilaç tüketimini negatif etkilemektedir. Döviz kurundaki aşırı oynaklıkların zirai ilaç tüketimini olumsuz etkilememesi için Türkiye'nin zirai ilaçta dışa bağımlılığı azaltılmalıdır. Bu doğrultuda yerli üretim, teşvik/destek mekanizmaları hayata geçirilerek olabildiğince artırılmalıdır.

ABSTRACT

Objective: The objective of this paper was to investigate the relationship between pesticide consumption and exchange rate in Türkiye.

Material and Methods: First, the stationarities of the variables were examined by applying the fractional-frequency Fourier ADF and traditional ADF unit root tests in the study, which cover the annual time series from 1981 to 2022. Then, the fractional-frequency Fourier ADL cointegration test was applied to evaluate the existence of the cointegration relationship between the variables.

Results: The findings of the unit root tests showed that the stationarities of the variables were I (1). The cointegration test revealed that there is a negative relationship between pesticide consumption and exchange rate. A 1% increase in exchange rate causes a decrease of 0.37% and 0.10% in pesticide consumption in the long and short run, respectively. In addition, it was determined that the error correction mechanism established in the study worked.

Conclusion: It can be clearly stated that one of the primary dynamics of the change in pesticide consumption in Türkiye is the increase in exchange rate. The increase in exchange rate negatively affects pesticide consumption. Türkiye's foreign dependency on pesticides should be reduced so that excessive fluctuations in exchange rate do not negatively affect pesticide consumption. Domestic production should be increased as much as possible by implementing incentive/subsidy mechanisms.

Anahtar sözcükler: Döviz kuru, zaman serisi analizi, zirai ilaçlar

Keywords: Exchange rate, time series analysis, pesticides

GİRİŞ

Dünyanın kaynakları sınırlı olup nüfusu hızla artmaktadır. Dolayısıyla yaşamın sürdürülebilirliğinin sağlanması noktasında tarım sektöründeki verimliliği yükseltme ve sağlıklı ürünler elde etme çabası her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. İşlenen birim arazide hem daha fazla hem daha kaliteli tarımsal ürünler üretmenin yollarından biri ise hastalıklara, zararlılara ve yabancı otlara karşı mücadeledir. Ancak yürütülecek mücadelenin bilinçli ve doğru olması, tarımsal üretimde gereksiz maliyetleri düşürmenin yanı sıra özellikle insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından önemlidir (Altıkat vd., 2009; Eyhorn et al., 2015; Özercan & Taşçı, 2022).

Zirai mücadele ilaçları, formülasyon şekilleri (toz, ıslanabilir toz, emülsiyon konsantre, solüsyon konsantre ve suda çözünebilir toz gibi), kullanıldığı zararlı grupları (insektisit, fungusit, herbisit, akarisit ve bakterisit gibi), içerdiği etkin madde yapıları (organik klorlu bileşikler, diklordifenil triklor etan, benzen heksaklorür ve siklodien grubu bileşikler gibi) ve kontrol ettiği zararlıların yerleri (kültür bitkileri ve orman zararlıları gibi) olmak üzere 4 grupta sınıflandırılmaktadır (Tezer, 2021). Dünyada 2021 yılında 3.5 milyon ton aktif madde olarak hesaplanan zirai ilaç tüketimi, bir önceki yıla göre %4, on yıla göre %11 yükselmiş olup, 1990'dan 2021'e kadar ise yaklaşık 2 katına çıkmıştır. 2021'in en fazla zirai ilaç ithal eden kıtası Amerika olmuştur. 1990-2021 döneminde zirai ilaç tüketimi, kıtasal olarak bakıldığında Okyanusya'da %206, Amerika'da %191, Afrika'da %175, Asya'da %67 ve Avrupa'da sadece %1 kadar yükseliş göstermiştir (FAO, 2023b). Türkiye'deki zirai ilaç tüketimi ise 2006'da 45.376 ton iken, 2022'de 55.374 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Bu dönemde zirai ilaç tüketiminde yaşanan yükseliş yaklaşık %22'ye karşılık gelmektedir.

İşlenen birim arazide ortalama zirai ilaç tüketim miktarı, 1990'da dünyada 1.22, Amerika kıtasında 1.62, Avrupa kıtasında 1.37, Türkiye'de 1.08 kilogram iken, 2021'de sırasıyla 2.26, 4.70, 1.37, 2.26 kilogram olarak hesaplanmıştır. Yani 1990'da Türkiye'de dünya, Amerika ve Avrupa kıtaları ortalamasından daha düşük bir düzeyde zirai ilaç tüketilmiştir (FAO, 2023a). Bu durum, zirai ilaçların insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından kamuoyunun sık sık gündemine gelen tehditleri göz önüne alındığında o zaman için olumlu olarak değerlendirilebilir (Arslan & Çiçekgil, 2018). Ancak 2021'de bu durum, sadece Avrupa kıtasında geçerli hale gelmiştir. Tüketim trendi, günümüzde dünya, Amerika kıtası ve Türkiye örneğinde yukarıya doğru, Avrupa kıtası örneğinde ise aşağıya doğru seyir izlemektedir.

Tarım sektöründeki yapısal sorunlar, hemen hemen her ülkede benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte Türkiye'de temel tarımsal girdiler yönünden dışa bağımlılık çok yüksektir. Dışa bağımlılık durumu, bir yandan tarım sektöründeki arz güvenliğini tehlikeye atarken diğer yandan tarımsal üretim maliyetlerinin çok yükselmesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle, tarımsal girdilerin fiyatları ve dolayısıyla üretimin maliyeti döviz kurundaki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Örneğin, en büyük tarımsal girdi kalemleri arasında bulunan akaryakıt, gübre, tohum ve zirai ilaç tarımsal üretimde toplam maliyetin yaklaşık %85 ila 90'ını oluşturmaktadır. Yine söz konusu girdilerin her birinde yaklaşık %90 dışa bağımlılık vardır (Bilir vd., 2021).

Bu çalışma, 1981-2022 döneminde Türkiye'deki zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru ilişkisini güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Türkiye'de özellikle son yıllarda tarımsal girdi fiyatlarında ciddi yükselişlerin yaşanmış ve hala yaşanıyor olması söz konusu ilişkinin araştırılmasını konu olarak dikkate değer kılmaktadır. Çünkü Türkiye, tarımsal girdilerde dışarıya oldukça bağımlıdır. Bu bağlamda, ele alınan konu kapsamında ulaşıldığı bulgularla ve ortaya koyduğu politika önerileriyle bu çalışma hem literatüre hem pratiğe katkı sunacaktır. Literatürde zirai ilaç konusunu ele almış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmalardan bir kısmı, literatür özeti olarak Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. Literatür özeti**Table 1.** Summary of the literature

Yazar(lar) ve yıl	Çalışmanın amacı	Çalışmanın yöntemi
Özel (2004)	Şanlıurfa'da faaliyet gösteren zirai ilaç bayilerinin pazarlama yapı ve sorunlarını belirleyip çözüm önerileri geliştirmek	Anket
Tiryaki vd. (2010)	Türkiye, Avrupa ülkeleri ve dünya genelinde zirai ilaç tüketimini karşılaştırmak	-
Akdoğan vd. (2012)	Zirai ilaçlar ile ilgili bilgi vermek ve tüketiminin ekosisteme etkisini irdelemek	-
Rahman (2013)	Bangladeş'te 1977-2009 döneminde zirai ilaç tüketiminin belirleyicilerini zaman serisi verileriyle analiz etmek	Sıradan En Küçük Kareler (OLS) Regresyon Analizi ve Üç Aşamalı En Küçük Kareler (3SLS) Regresyon Analizi
Özkaya vd. (2013)	İnsektisit zehirlenmeleri ile ilgili bilgi vermek ve Türkiye'deki vakaları/durumu değerlendirmek	Doküman Analizi
Fernandez-Cornejo et al. (2014)	Amerika Birleşik Devletleri'nde 21 çeşit bitkisel ürün örnekleminde 1960-2008 döneminde tüketilen zirai ilaç miktarını ortaya koymak	Doküman Analizi
Tunçdemir (2016)	Adıyaman'daki çiftçilerin güvenli zirai ilaç tüketimi ile ilgili bilgi, tutum ve uygulamalarını belirlemek ve bu konuda aldıkları eğitimin etkinliğini değerlendirmek	Anket
Kaplan (2016)	Güneydoğu Anadolu Projesi tarım alanlarında tüketilen zirai ilaçların güvenilir gıda ve tarım etiğine etkisini değerlendirmek	Mülakat
Sheahan et al. (2017)	Sahra Altı Afrika'da zirai ilaç tüketiminin insan sağlığına etkilerini incelemek	Anket
Camcı (2017)	Sera domateslerinde zirai ilaç kalıntılarını azaltma yöntemlerinden en etkili olanını belirlemek	-
Akar & Tiryaki (2018)	Antalya'daki çiftçilerin zirai ilaç tüketimi konusunda bilgi düzey ve duyarlılıklarını araştırmak	Anket
Eltez & Eltez (2019)	Bakırçay havzasındaki seralarda zirai ilaç tüketimi uygulamalarını incelemek	Anket
Özyörük vd. (2019)	Manisa'daki zirai ilaç bayilerinin bitki koruma ile ilgili mesleki tutum ve davranışlarını belirlemek	Anket
Kulaksız & Akgün (2020)	Meriç Nehri suyu kullanılarak üretilen çeltiklerdeki zirai ilaç kalıntılarının insan ve çevre sağlığı açısından yasal değerleri aşip aşmadığını araştırmak	-
Huyen et al. (2020)	Vietnam'da zirai ilaç tüketiminin çiftçilerin sağlığına etkisini araştırmak	Anket
Yu et al. (2020)	Çin'de tarımsal ürünlerdeki zirai ilaç kalıntılarını zaman serisi verileriyle tahmin etmek	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalamalar (ARIMA) Modeli
Gao et al. (2021)	Çin'de çiftlik büyükleriyle zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi panel verileriyle araştırmak	OLS Regresyon Analizi ve İki Aşamalı En Küçük Kareler (2SLS) Regresyon Analizi

Çizelge 1. Devamı**Table 1.** Continued

Yazar(lar) ve yıl	Çalışmanın amacı	Çalışmanın yöntemi
Dobrin et al. (2022)	Romanya ve Avrupa Birliği'nde (AB) zirai ilaç tüketiminin tarımsal verimliliğe etkisini tahmin etmek	Hesaplanabilir Genel Denge Modeli
Karakaş (2022)	Çin, Türkiye, İran ve Hindistan örneklerinde zira ilaç tüketiminin bal verimine etkisini panel veriyle test etmek	Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) Testi ve Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Testi
Najafabadi et al. (2022)	İran'da tarımsal üretimle zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmak	ARDL Testi
Wang et al. (2022)	Çin'de zirai ilaç tüketilmeyen tarım çağına ne zaman adım atılacağını zaman serisi verileriyle öngörmek	ARIMA Modeli
Batur vd. (2023)	Düzce'de fındık bahçelerindeki tarımsal uygulamaları ve zirai ilaçlar ile ilgili sorunları belirlemek	Anket
Athukorala et al. (2023)	Sri Lanka'da zirai ilaç tüketiminin hem çiftçilerin sağlığına hem tarımsal verimliliğe etkisini ölçmek	Anket
Zafeiriou et al. (2023)	AB tarımında ekonomik büyüme ve zirai ilaç tüketimi arasındaki ilişkiyi panel veriyle araştırmak	Doğrusal Olmayan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Testi (NARDL)

Literatür özetinde görüldüğü üzere zirai ilaç konusu, genel itibarıyla hem insan ve çevre sağlığına, tarımsal üretime ve ekonomik kalkınmaya etkisi hem tüketimi belirleyen unsurlar temelinde ele alınmış ve bu yapılırken genellikle anket, mülakat, doküman analizi ve geleneksel veri analizleri yöntem olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ise;

1. Türkiye özelinde son birkaç yılda hızla yükselen ve yükselişini sürdüren döviz kurunun, işlenen birim arazi büyüklüğü giderek daralırken 50.000 tonu geçen ve giderek artan zirai ilaç tüketimine etkisi konu olarak ele alınmaktadır.
2. Yöntem olarak güncel zaman serisi analizi yöntemleri arasında sayılan, birbiriyle uyumlu çalışan kesirli-frekanslı Fourier testler uygulanmaktadır.

Dolayısıyla bu çalışma, ele aldığı konu ve güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanması yönüyle önceki çalışmalardan farklılaşmakta ve güncel bir nitelik taşımaktadır.

Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan gelişmelerle ilgilenen politika yapıcıların, araştırmacıların, özel kuruluşların ve diğer tüm tarımsal paydaşların dikkatini geliştirilen politika önerilerine çekmek suretiyle bu çalışmanın fayda sağlaması umulmaktadır.

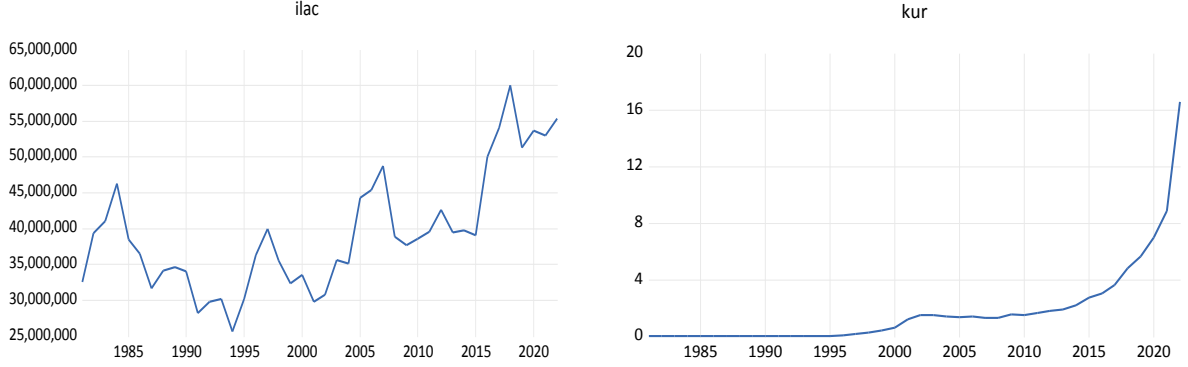
Çalışma kapsamında ilk önce materyal ve yöntem ile ilgili bilgi yer verilmiş, daha sonra analizlerden elde edilen bulgular ortaya konulup değerlendirilmiş ve son olarak bulgulardan hareketle politika önerileri geliştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Daha önce belirtildiği üzere bu çalışma, Türkiye'de zirai ilaç tüketiminin döviz kuruyla ilişkisini araştırmaktadır. Bu doğrultuda yıllık toplam zirai ilaç tüketim miktarı ve ortalama döviz kuru verileri kullanılmıştır. Veri setleri, dönem olarak 1981-2022 yıllarını kapsamaktadır (Çizelge 2 ve Şekil 1).

Çizelge 2. Veriler ve kaynakları**Table 2.** Data and data sources

Veri	Verinin kaynağı/kaynakları	Veri ile ilgili bilgi
Yıllık toplam zirai ilaç tüketim miktarı	(TÜİK, 2001); (TÜİK, 2023)	Kilogram olarak yayınlanan ve insektisit, fungusit, herbisit, akarisit, rodentisit, mollussisit ve diğer zirai ilaçların tüketimini temsil eden veridir.
Yıllık ortalama döviz kuru	(World Bank, 2023)	Dolar/TL olarak yayınlanan veridir.

**Şekil 1.** Serilerin izlediği seyir.**Figure 1.** Course of series.

Analiz kısmında ilk önce birim kök testleriyle değişkenlerin durağanlık düzeyleri, daha sonra eşbütünlük testiyle değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Analizlerde yöntem olarak Bozoklu et al. (2020) tarafından geliştirilmiş Kesirli-Frekanslı Fourier Augmented Dickey Fuller (KFFADF) birim kök ve İlkay et al. (2021) tarafından geliştirilmiş Kesirli-Frekanslı Fourier Autoregressive Distributive Lag (KFFADL) eşbütünlük testleri uygulanmıştır.

KFFADF birim kök testi, bir yandan bir serideki yapısal değişimleri dikkate aldığı için geleneksel ADF birim kök testine göre diğer yandan Fourier fonksiyonlarını kullandığı için yapısal değişimleri kukla değişken marifetiyle dikkate alan birim kök testlerine göre çok daha güçlü bir testtir.

$$\Delta ilac_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_3 ilac_{t-1} + \sum_{i=1}^P \varphi_i \Delta ilac_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta kur_t = \beta_0 + \beta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_3 kur_{t-1} + \sum_{i=1}^P \gamma_i \Delta kur_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

KFFADF birim kök testinde 1 ve 2 numaralı denklemlerdeki modeller tahmin edilmektedir. Modellerde yer alan *ilac* zirai ilaç tüketimini, *kur* döviz kurunu, Δ birinci fark operatörünü, π 3.1416 sayısını, k frekans değerini, t trendi, T gözlem sayısını ve ε_t , μ_t ise hata terimlerini ifade etmektedir (Bozoklu et al., 2020).

Tahmin kısmında ilk önce frekans değeri (kesirli veya tamsayı) tespit edilmektedir. Daha sonra F testi kullanılarak *sin* ve *cos* şeklindeki trigonometrik terimlerinin içinde bulunduğu fonksiyonların anlamsız olduğu temel hipotezi (H_0) sınanmaktadır. Bu hipotezin reddedilememesi durumunda geleneksel ADF birim kök testi uygulanmaktadır. Fonksiyonlar anlamlıysa Fourier ADF test istatistiği kullanılarak değişkenin durağanlığına bakılmaktadır. F testi için kritik değerleri Enders & Lee (2012), durağanlık için kritik değerleri Bozoklu et al. (2020) tablo haline getirmişlerdir.

Banerjee et al. (2017) tarafından geliştirilmiş Fourier ADL eşbütünleşme testi, Fourier fonksiyonlarını kullanarak sayısı belirsiz yumuşak yapısal değişimleri dikkate almaktadır. Dolayısıyla bu test, yapısal değişimleri kukla değişken marifetiyle dikkate alan eşbütünleşme testlerine göre çok daha güçlüdür. Ancak bu testte frekans değeri (k) tamsayı olarak hesaplandığı için kalıcı yapısal değişimler yakalanamamaktadır. Bu eksikliği gidermek için Fourier ADL eşbütünleşme testi, frekans değerinin 0.1 ile 5 arasında kesirli bir sayı olmasına izin verecek şekilde Ilkay et al. (2021) tarafından genişletilerek kalıcı yapısal değişimleri de yakalayabilecek hale getirilmiştir.

$$\Delta ilac_t = \alpha_0 + \beta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_1 ilac_{t-1} + \delta_2 kur_{t-1} + \delta_3 \Delta ilac_{t-1} + \delta_4 \Delta kur_{t-1} + v_t \quad (3)$$

KFFADL eşbütünleşme testinde 3 numaralı denklemdeki model tahmin edilmektedir. Modelde yer alan *ilac* bağımlı değişken olarak atanan zirai ilaç tüketimini, *kur* ise bağımsız değişken olarak atanan döviz kurunu temsil etmektedir. v_t hata terimidir. Bu testi uygulayabilmek için değişkenlerin I (1) olması gerekmektedir.

Tahmin kısmında ilk önce frekans değeri ve test istatistiği hesaplanmaktadır. Daha sonra değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı temel hipotezi, test istatistiğiyle uygun tablo kritik değeri karşılaştırılmak suretiyle sınanmaktadır. Test istatistiği mutlak değer olarak tablo kritik değerinden büyükse değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu varsayılmaktadır (H_1 kabul). Kritik değerler, Ilkay et al. (2021) tarafından tablo haline getirilmiştir. Son aşamada *sin* ve *cos* trigonometrik terimleri 3 numaralı denklemde yer alan modele eklenmekte ve Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) tahmincisiyle uzun dönem ve hata düzeltme katsayıları tahmin edilmektedir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Testler, değişkenlerin doğal logaritmik (*log*) formları (*logilac* ve *logkur*) üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler dahil edilerek kurulmuş olan tam logaritmik model denklem 4'te gösterilmektedir. Modeldeki *logilac* zirai ilaç tüketimine, *t* zamana, α sabit terime, δ katsayıya, *logkur* döviz kuruna ve ε ise hata terimine karşılık gelmektedir;

$$\log ilac_t = \alpha + \delta \log kur_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

Aşağıda birim kök ve eşbütünleşme testlerinin sonuçları yer almaktadır (Çizelge 3, 4 ve 5).

Çizelge 3. KFFADF birim kök testine ilişkin sonuç

Table 3. KFFADF unit root test result

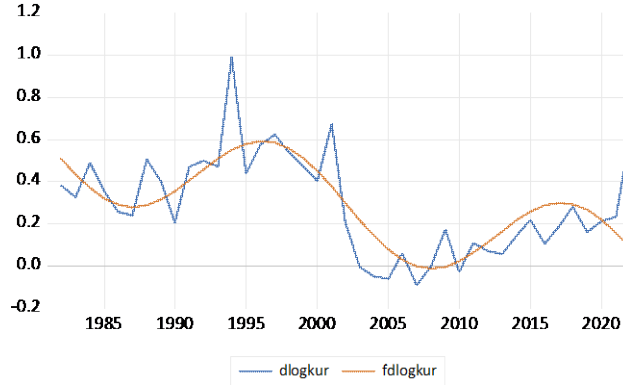
Değişkenler	Frekans değeri (k)	En küçük kareler toplamı	F kısıt test istatistiği	Uygun gecikme uzunluğu	FADF test istatistiği
logilac	0.1	0.365	5.204*	2	-4.670
logkur	1.4	0.730	12.258***	1	-2.696
dlogkur	1.7	0.803	8.536***	1	-4.189*

* ve *** sırasıyla trigonometrik terimlerin içinde bulunduğu fonksiyonların anlamsız olduğu temel hipotezinin %10 ve %1 anlamlılık düzeyinde kabul ve ret edildiğini ifade etmektedir. F kısıt test istatistiğinin karşılaştırıldığı %10 anlamlılık düzeyindeki tablo kritik değeri 7.78, %1 anlamlılık düzeyindeki tablo kritik değeri ise 12.21'dir.

* İlgili değişkenin durağan olmadığı temel hipotezinin %10 anlamlılık düzeyinde reddediildiğini ifade etmektedir. FADF test istatistiğinin karşılaştırıldığı %10 anlamlılık düzeyindeki durağanlık kritik değeri -3.871'dir.

Çizelge 3'te görüldüğü üzere zirai ilaç tüketimi değişkeni temelinde F kısıt test istatistiği tablo kritik değerinden küçük çıktığı için trigonometrik terimlerin içinde bulunduğu fonksiyonlar anlamsız, döviz kuru değişkeni temelinde ise anlamlıdır. Ayrıca k değerleri, kesirli sayı hesaplanmıştır. Dolayısıyla değişkenlerdeki yapısal değişimlerin etkisi kalıcıdır.

Zirai ilaç değişkeni temelinde Fourier fonksiyonları anlamsız olduğu için geleneksel ADF birim kök testi uygulanmıştır (Çizelge 4). Döviz kuru değişkeni temelinde Fourier fonksiyonları anlamlı olsa da hesaplanan FADF test istatistiği, %10 anlamlılık düzeyindeki (-4.012) durağanlık kritik değerinden (Bozoklu et al., 2020) mutlak değer olarak küçük çıkmıştır. Bu sonuçtan döviz kuru değişkeni düzeyde durağan değil anlamı ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla döviz kuru değişkeninin farkı (yani *dlogkur*) alınıp tekrar KFFADF birim kök testi uygulanmıştır (Çizelge 3).



Şekil 2. Farkı alınmış döviz kuru serisinin seyri ve Fourier fonksiyonları.

Figure 2. Course of first differenced exchange rate series and Fourier functions.

Şekil 2'de Fourier fonksiyonlarının farkı alınmış döviz kuru değişkeniyle uyumlu ve salınımları yakalamada başarılı olduğu görülmektedir. Yükseliş dönemlerinde artan, düşüş dönemlerinde ise azalan Fourier fonksiyonları, sadece keskin değişimleri değil, aynı zamanda yumuşak değişimleri de dikkate aldığı için söz konusu seriye çok daha yakın bir modelleme göstermektedir.

Çizelge 4. Geleneksel ADF birim kök testine ilişkin sonuç

Table 4. Traditional ADF unit root test result

Değişken	Test istatistikleri		
	Sabitli	Trendli ve sabitli	Trendsiz ve sabitsiz
logilac	-1.517 (p=0.514)	-3.084 (p=0.124)	0.698 (p=0.862)
dlogilac	-6.550* (p=0.000)	-3.832** (p=0.026)	-6.600* (p=0.000)

* ve ** sırasıyla ilgili değişkenin durağan olmadığı temel hipotezinin %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini ifade etmektedir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere zirai ilaç tüketimi değişkeni, düzey değerinde hiçbir modelde durağan değilken birinci farkı alındığında her üç modelde de durağanlaşmakta olduğu için I (1)'dir. Dolayısıyla hem zirai ilaç tüketimi hem döviz kuru değişkeni birinci farkları alındığında durağan nitelik sergilemektedir. Çizelge 3 ve 4'teki birim kök testleriyle değişkenlerin I (1) olduğu tespit edildiği için KFFADL eşbütünleşme testini uygulayabilme şartı sağlanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. KFFADL eşbütünleşme testine ilişkin sonuç

Table 5. KFFADL cointegration test result

Tahmin edilen model	Gecikme uzunluğu	Frekans değeri (k)	Test istatistiği	Tablo kritik değeri	Eşbütünleşme ilişkisi
logilac = f(logkur)	3	1.9	-5.054	-5.008*	Var

* k = 1.9, n (bağımsız değişken sayısı) = 1 ve %1 anlamlılık düzeyine karşılık gelen tablo kritik değerini ifade etmektedir.

Çizelge 5'te görüldüğü üzere -5.054 değeri, mutlak değer olarak %1 anlamlılık düzeyindeki -5.008 değerinden büyüktür. Dolayısıyla zirai ilaç tüketimi ve döviz kuru değişkenleri arasında bir eşbütünlüşme ilişkisi bulunmakta olup temel hipotez (H_0 : Değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi yoktur.) reddedilmiştir. Ayrıca frekans değerinin kesirli olması, eşbütünlüşme ilişkisini etkileyen yapısal değişimlerin kalıcılığına işaretler. Bu ilişkinin var olduğu belirlendikten sonra sırasıyla uzun dönem katsayıları ve kurulan hata düzeltme mekanizmasının çalışıp çalışmadığı ortaya konulmuştur (Çizelge 6 ve 7).

Çizelge 6. FMOLS uzun dönem katsayısı tahminine ilişkin sonuç

Table 6. FMOLS long run coefficient estimation result

Bağımlı değişken: logilac				
Bağımsız değişkenler	Katsayı	Standart hata	t-istatistik	Olasılık değeri (p)
logkur	-0.366	0.122	-3.001	0.004*
c	13.869	1.203	11.523	0.000*
sin	-0.122	0.057	-2.136	0.039**
cos	0.332	0.091	3.618	0.000*

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir. FMOLS tahmincisi için Jarque-bera olasılık değeri 0.345 olarak belirlenmiştir. Bu durum, tahminci temelindeki hata teriminin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere döviz kuru, sabit terim ve cos trigonometrik terimi için olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinde, sin trigonometrik terimi için olasılık değeri ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Döviz kuru değişkeninin katsayısı negatiftir. Dolayısıyla döviz kuru değişkeniyle zirai ilaç tüketimi değişkeni arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Sonuca göre döviz kurundaki %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketimini uzun dönemde yaklaşık %0.37 düşürmektedir.

Çizelge 7. Hata düzeltme katsayısı tahmin sonucu

Table 7. Error correction coefficient estimation result

Bağımlı değişken: dlogilac				
Değişken	Katsayı	Standart hata	t-istatistik	Olasılık değeri
Hata düzeltme katsayısı	-0.569	0.125	-4.542	0.000*
c	0.038	0.014	2.646	0.011**
d (logkur)	-0.109	0.060	-1.808	0.078***

*, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Hata düzeltme katsayısı, 0 ile -2 arasında bir değer almalıdır (Alam & Quazi, 2003). Çizelge 7'de görüldüğü üzere ilgili katsayı, negatif olup %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Yani hata düzeltme mekanizması çalışmaktadır/kısa dönemde oluşan dengeden sapmalar uzun dönemde ortadan kalkmaktadır. Ayrıca döviz kuru, zirai ilaç tüketimini kısa dönemde de negatif etkilemektedir. Sonuca göre döviz kurundaki %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketimini yaklaşık %0.10 düşürmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'deki döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisi incelenmiştir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin çalışmanın konusu olarak ele alınması, özellikle son birkaç yılda döviz kurunda yaşanan çok hızlı yükselişin etkisiyle tarımsal girdi fiyatlarının da yükselmesi ve dolayısıyla üretimin giderek maliyetli hale gelmesi nedeniyeldir.

Türkiye örneğinde döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisini ekonometrik analizle incelemiş bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla literatürden bu iki değişken arasındaki ilişki ile ilgili net bir sonuç çıkarmak mümkün değildir. Bu çalışma kapsamında ise güncel zaman serisi analizi yöntemlerini kullanarak söz konusu ilişkiyi net bir şekilde ortaya koymak amaçlanmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda birim kök ve eşbütünlük testleri uygulanarak zaman serisi analizi yapılmıştır. Veri dönemi, derlenebilen verilerden hareketle, 1981-2022 olarak karşılaştırılmıştır. Analizde yöntem olarak KFFADF birim kök ve KFFADL eşbütünlük testleri kullanılmıştır.

KFFADL eşbütünlük test sonuçlarına göre; zirai ilaç tüketimiyle döviz kuru arasında hem uzun hem kısa dönemde negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna göre döviz kurunda yaşanan %1'lik yükseliş, zirai ilaç tüketiminde uzun ve kısa dönemde sırasıyla yaklaşık %0.37 ve %0.10 düşüşe neden olmaktadır.

Türkiye'de döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisinin analizi kapsamında varılmış olan "Döviz kuru yükselişi, zirai ilaç tüketim miktarını azaltmaktadır." şeklindeki sonuç, Myung-Hwan (1999), Ayu & Aulia (2019), Sarabi et al. (2020) ve Salem et al. (2021) tarafından yapılmış çalışmalarda varılan sonuçları destekleyip literatürdeki teorik varsayımı doğrularken, Tjomhom et al. (1998) ve Yeboah et al. (2009) tarafından yapılmış çalışmalarda ulaşılan sonuçları ise desteklememektedir. Varılan sonuç, çalışmanın özgünlüğü itibarıyla Türkiye örneklemini için bir ilk mahiyetindedir.

Araştırmanın bulgularından hareketle Türkiye'de zirai ilaç tüketiminde yaşanan değişimin temel dinamiklerinden birinin döviz kurundaki yükseliş olduğu açık bir şekilde söylenebilir. Döviz kurundaki yükseliş, zirai ilaç tüketimini negatif etkilemektedir. Bilindiği üzere tarım sektörü, hem iç hem dış gıda talebi ihtiyacını karşılaması, milli gelir yükselişine katkı sunması ve tarım dışındaki sektörlerle üretim girdileri sağlaması yönüyle stratejik bir sektör olma özelliğine sahiptir. Tarımsal üretimin taşıdığı bu işlevlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi noktasında zirai ilaç gibi temel girdilerin üretim sürecinde doğru zamanda, miktarlarda, yerlerde ve amacı yönünde tüketilmesi önemlidir. Ayrıca böyle yapılan tüketim, hem insan, hayvan ve çevre sağlığını korumak hem gereksiz tarımsal üretim maliyetlerinden kaçınmak için gereklidir.

Buradan hareketle;

- Zirai ilaçta Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltmak için kısa dönemde zira ilaç tüketiminin daha fazla miktarlarda destekleme ödemesiyle sübvansede edilmesi, uzun dönemde ise yerli ilaç üretiminin çeşitli teşvik/destek (Ar&Ge desteği, Faiz desteği, Vergi muafiyeti, Yatırım yeri tahsis vb.) mekanizmaları hayata geçirilerek olabildiğince desteklenmesi gerekmektedir. Böylelikle zirai ilaçlarda hem sağlıklı fiyat oluşumu hem arz güvenliği sağlanabilecektir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Kredi Kooperatifleri ve üretici birlikleri arasındaki iş birliğiyle Türkiye genelinde konuda uzman ziraat mühendisleri tarafından doğru ve dengeli zirai ilaç tüketimi hakkındaki teknik bilginin çiftçilere üretim yaptıkları arazilerinde, Tarım İl ve İlçe Müdürlüklerinde veya birim kooperatiflerde basit bir anlatımla aktarılması ve zirai ilaç tüketimlerinin aktarılan bu bilgi doğrultusunda olup olmadığının düzenli olarak takip edilmesi yoluyla yanlış ve dengesiz zirai ilaç tüketimi azaltılabilir. Ziraat mühendislerinin bu amaçla mobilize edilmeleri önem arz etmektedir. Bu bağın tesis edilebilmesi için ziraat mühendislerinin özellikle birim kooperatiflerde muhasebe ve evrak işi gibi görev tanımları dışındaki işlerde çalıştırılmamaları ve günün büyük bir bölümünü sahada geçirmeleri sağlanmalıdır. Ayrıca çiftçilerin ziraat mühendislerine yönelik görüşlerinin de ölçüt olarak yer aldığı kurumsal performans karneleri geliştirilip uygulanmalı ve sonuçları düzenli ve şeffaf bir şekilde ziraat mühendisleriyle paylaşılıp performansın kötü olduğu noktalar ile ilgili iyileştirici tedbirler yöneticiler tarafından alınmalıdır.
- Zirai ilaç ticareti ve tüketimi konusunda izlenebilirliği artırmak için barkod sistemi daha da etkinleştirilmeli, reçete sisteminin aksaklıkları giderilmeli ve hangi çiftçinin hangi zirai ilacı/ilaçları tükettiğine dair Çiftçi Kayıt Sistemi'ne entegre bir kayıt sistemi geliştirilmelidir.

Bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Birincisi, veri döneminin 1981-2022 yıllarıyla sınırlı olmasıdır. İkincisi ise sadece döviz kurunun zirai ilaç tüketimine etkisinin analiz edilmesi ve zirai ilaç tüketimini etkileyen diğer birçok faktörün incelenememesidir. Bu çalışmadan hareketle gelecek çalışmalarda Türkiye örnekleminde tarımsal kredilerin, enflasyon düzeyinin ve devlet destekleme

ödemelerinin zirai ilaç tüketimine etkisi güncel zaman serisi analizi yöntemleri kullanılarak daha geniş bir dönem aralığında incelenebilir.

Veri Kullanılabilirliği

Çalışma ile ilgili tüm veriler makalede yer almaktadır.

Yazar Katkıları

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

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederim.

Finansal Destek

Bu çalışma herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından finansal olarak desteklenmemiştir.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. H. Ece SALALI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akar, Ö. & O. Tiryaki, 2018. Antalya ili'nde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1): 60-70.
- Akdoğan, A., Ü. Divrikli & L. Elçi, 2012. Pestisitlerin önemi ve ekosisteme etkileri. Akademik Gıda, 10 (1): 125-132.
- Alam, I. & R. Quazi, 2003. Determinants of capital flight: an econometric case study of Bangladesh. International Review of Applied Economics, 17 (1): 85-103. <https://doi.org/10.1080/713673164>
- Altıkat, A., T. Turan, F.E. Torun & Z. Bingül, 2009. Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (2): 87-92.
- Arslan, S. & Z. Çiçekgil, 2018. Türkiye'de tarım ilacı kullanım durumu ve kullanım öngörüsü. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 4 (1): 1-12.
- Athukorala, W., B.L. Lee, C. Wilson, H. Fujii & S. Managi, 2023. Measuring the impact of pesticide exposure on farmers' health and farm productivity. Economic Analysis and Policy, 77: 851-862.
- Ayu, S.F. & D. Aulia, 2019. "The influence of price of pesticide to its application, 1-5". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (24-25 October 2019, Medan) Papers, IOP Publishing No: 260, 012014.
- Banerjee, P., V. Arčabić & H. Lee, 2017. Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from crude oil market. Economic Modelling, 67: 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.004>
- Batur, T., Z.F. Arslan & N. Altın, 2023. Düzce ili fındık bahçelerinde tarımsal uygulamalar ve üreticilerin pestisit kullanım durumu. Akademik Ziraat Dergisi, 12 (Özel Sayı): 261-270. <https://doi.org/10.29278/azd.1354632>
- Bilir, H., E.Ö. Kazak, M. Gerçek, A. Korkmaz & B. Özcan, 2021. Yaş meyve ve sebze sektör incelemesi nihai raporu. (Web sayfası: <https://www.rekabet.gov.tr/Dosya/seyktor-raporlari/yas-sebze-ve-meyve-sektor-raporu-nihai-rapor-yayinlanan-revize16-03-22-20220316161703231-pdf>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Bozoklu, S., V. Yilanci & M.S. Gorus, 2020. Persistence in per capita energy consumption: a fractional integration approach with a Fourier function. Energy Economics, 91: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104926>
- Camcı, E., 2017. Serada Yetiştirilen Domateslerde İnsektisit Kalıntılarını Azaltma Yöntemlerinin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi. Aydın, 51 s.
- Dobrin, C., E.O. Croitoru, R. Dinulescu & I. Marin, 2022. The impact of pesticide and fertiliser use on agricultural productivity in the context of the "farm to fork" strategy in Romania and the European Union. Amfiteatru Economic, 24 (60): 346-360. <https://doi.org/10.24818/EA/2022/60/346>
- Eltez, R.Ş. & S. Eltez, 2019. Bakırçay havzası seralarında bitki koruma uygulamaları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 56 (4): 535-544.

- Enders, W. & J. Lee, 2012. The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117 (1): 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>
- Eyhorn, F., T. Roner & H. Specking, 2015. Pestisit kullanımını ve pestisitlere ilişkin riskleri azaltmak: nasıl bir eyleme ihtiyaç var?. (Web sayfası: <https://www.zehirsizkentler.org/wp-content/uploads/2021/12/Pestisit-kullanimini-azaltmak.pdf>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- FAO, 2023a. FAOSTAT pesticides use. In Land, Inputs and Sustainability data topic. (Web sayfası: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- FAO, 2023b. Pesticides use and trade 1990-2021. (Web sayfası: <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc6958en>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Fernandez-Cornejo, J., R. Nehring, C. Osteen, S. Wechsler, A. Martin & A. Vialou, 2014. Pesticide use in U.S. agriculture: 21 selected crops, 1960-2008. (Web sayfası: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/43854/46734_eib124.pdf) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Gao, J., Q. Gai, B. Liu & Q. Shi, 2021. Farm size and pesticide use: evidence from agricultural production in China. *China Agricultural Economic Review*, 13 (4): 912-929. <https://doi.org/10.1108/CAER-11-2020-0279>
- Huyen, V.N., N.V. Song, N.T. Thuy, L.T.P. Dung & L.K. Hoan, 2020. Effects of pesticides on farmers' health in Tu Ky district, Hai Duong province, Vietnam. *Sustainable Futures*, 2: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100026>
- Ilkay, S.Ç., V. Yilanci, R. Ulucak & K. Jones, 2021. Technology spillovers and sustainable environment: evidence from time-series analyses with Fourier extension. *Journal of Environmental Management*, 294: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113033>
- Kaplan, E., 2016. Gap bölgesinde kullanılan pestisitlerin güvenilir gıda ve tarım etiğine etkisi. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 3 (4): 198-205.
- Karakaş, G., 2022. Pestisit kullanımının bal verimi üzerine etkisi; panel veri analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (5): 1163-1167. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi>
- Kulaksız, Ç. & A. Akgün, 2020. Meriç nehri (Edirne) boyunca nehir suyuyla sulanan çeltiklerde pestisit kalıntıları. *Akademik Gıda*, 18 (1): 36-44. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.730084>
- Myung-Hwan, S., 1999. Effects of exchange rate changes on agricultural prices under the financial crisis in Korea. *Journal of Rural Development*, 22: 1-14.
- Najafabadi, M.M., A. Mirzae, S.S. Laskookalayeh & H. Azarm, 2022. An investigation of the relationship among economic growth, agricultural expansion, and chemical pollution in Iran through decoupling index analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 76101-76118.
- Özel, R., 2004. Şanlıurfa ilinde zirai ilaç bayilerinin pazarlama yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 41-49.
- Özercan, B. & R. Taşçı, 2022. Türkiye'de pestisit kullanımının iller, bölgeler ve pestisit grupları açısından incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375): 75-88. <https://doi.org/10.33724/zm.1120599>
- Özkaya, G., A. Çeliker & B. Koçer-Giray, 2013. İnsektisit zehirlenmeleri ve Türkiye'deki durumun değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70 (2): 75-102.
- Özyörük, A., E. Erbek & Ü. Arslan, 2019. Manisa ili Salihli ve Sarıgöl ilçelerindeki zirai ilaç bayilerinin mesleki tutum ve davranışları ve üreticiler ile ilgili gözlemleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (Ek Sayı 1): 125-132. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.533412>
- Rahman, S., 2013. Pesticide consumption and productivity and the potential of IPM in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 445&446: 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.032>
- Salem, F., R. Eladawy, A.A. Al-Nafili & O.H. Zaki, 2021. The impact of exchange rate liberalization on the most important cereal crops in Egypt (wheat). *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, 47 (4): 485-497.
- Sarabi, Z., V. Ansari, H. Salami & S.S. Hosseini, 2020. Analyzing the effect of increase in exchange rate on cost price of agricultural products. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 34 (2): 201-221.
- Sheahan, M., C.B. Barrett & C. Goldvale, 2017. The unintended consequences of agricultural input intensification: human health implications of pesticide use in Sub-Saharan Africa. *Africa Economic Brief*, 8 (4): 1-6.
- Tezer, N., 2021. Zirai mücadele ilaçlarının insan ve çevre sağlığına etkileri. (Web sayfası: <https://www.tzob.org.tr/zirai-mucadele-ilaclarinin-insan-ve-cevre-sagligina-etkileri-2021>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).

- Tiryaki, O., R. Canhilal & S. Horuz, 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26 (2): 154-169.
- Tjomhom, J.D., G.W. Norton & V. Gapud, 1998. Impacts of price and exchange rate policies on pesticide use in the Philippines. *Agricultural Economics*, 18 (2): 167-175.
- TÜİK, 2001. Tarımsal göstergeler 1923-1998. (Web sayfası: <https://kutuphane.tuik.gov.tr/yordambt/yordam.php>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- TÜİK, 2023. Tarımsal ilaç istatistikleri - tarımsal ilaç kullanımı. Tarım - İstatistiksel Tablolar. (Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Tunçdemir, A., 2016. Adıyaman İl Merkezinde Çiftçilerin Güvenli Pestisit Kullanımı ile ilgili Bilgi, Tutum, Uygulamaları ve Eğitim Etkisi. İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi. Malatya, 116 s.
- Wang, X., Y. Chi & F. Li, 2022. Exploring China stepping into the dawn of chemical pesticide-free agriculture in 2050. *Frontiers in Plant Science*, 13: 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.942117>
- WorldBank, 2023. Official exchange rate (LCU per US\$, period average)-Türkiye. Data. (Web sayfası: <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.FCRF?locations=TR>) (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Yeboah, O., S. Shaik & A. Allen, 2009. Exchange rates impacts on agricultural inputs prices using VAR. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41 (2): 511-520.
- Yu, W.P., X.Y. Han, Y.Y. Wang & J. Yang, 2020. "Prediction of pesticide residues in agricultural products based on time series model in Chengdu, China, 1-16". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (23-26 August 2020, Online Conference), Papers, IOP Publishing No: 594, 012022.
- Zafeiriou, E., C. Karelakis, I. Martínez-Zarzoso, K. Galanopoulos & D. Gkika, 2023. Economic development and pesticide use in EU agriculture: a nonlinear panel data autoregressive distributed lag approach. *Agriculture (Switzerland)*, 13 (9): 1-22. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091693>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):487-500
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1426051>

Elif ŞENYÜZ¹

Hacer TÜFEKCI^{2*}

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 66100, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 66100, Yozgat, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

hacer.tufekci@bozok.edu.tr

Küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi*

Investigation of food safety awareness and consumer behavior in products obtained from small ruminants

* Bu çalışma TÜBİTAK BİDEB tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012104727 başvuru numarası ile desteklenmiştir.

Received (Alınış): 26.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 26.07.2024

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada Yozgat ilinde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırmanın ana materyalini, Yozgat ilinde tesadüfi olarak belirlenen tüketicilerden anket yoluyla elde edilen orijinal veriler oluşturmaktadır.

Araştırma Bulguları: Katılımcıların %96.7'si gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verdiğini bildirmiştir. Ayrıca katılımcıların %85.7'si daha önce gıda güvenliği kavramını duyduklarını ve çoğunlukla gıda güvenliği sertifikaları hakkında bilgi sahibi olduklarını bildirmişlerdir. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemediği değişimler incelendiğinde; çoğunlukla kalite, tazelik, güvenilirlik, lezzet, dayanıklılık ve verilen promosyonlarda azalma olduğunu belirtirken; fiyat, ambalaj ve etiket bilgilerinin arttığını belirtmişlerdir.

Sonuç: Katılımcıların koyun ve keçi eti tüketimini etkileyen en önemli faktör etin lezzet parametresi olup bunu alışkanlıklar, besin değeri ve sosyal çevre takip etmektedir. Bu durumun nedenleri arasında; katılımcıların koyun etini severek tüketmeleri, damak tadı ve bölgede arazi yapısının küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine uygun olması ile yaygın olarak küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapılması ön plana çıkmaktadır.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to examine food safety awareness and consumer behaviors regarding products obtained from small ruminants in Yozgat province.

Material and Methods: The main material of the research consists of the original data obtained through questionnaires from consumers randomly selected in Yozgat province.

Results: 96.7% of the participants reported that they attach importance to food safety when shopping for food. In addition, 85.7% of the participants reported that they had heard of the concept of food safety before and were mostly informed about food safety certificates. When the changes observed by the participants when purchasing food products in recent years are examined; they mostly stated that quality, freshness, reliability, flavor, durability and promotions have decreased, while price, packaging and label information have increased.

Conclusion: The most important factor affecting the consumption of small ruminants meat by the participants is the meat palatability parameter, followed by habits, nutritional value and social environment. Among the reasons for this situation, the fact that the participants consume sheep meat fondly, taste and the fact that the land structure in the region is suitable for sheep and goats breeding and that sheep and goat breeding is widely practiced are noteworthy.

Anahtar sözcükler: Gıda güvenliği, keçi, koyun, tüketici bilinci

Keywords: Food safety, goat, sheep, consumer awareness

GİRİŞ

Artan küresel nüfus, değişen sosyo-demografik özellikler gibi faktörlerle birleştiğinde, yalnızca daha fazla değil, aynı zamanda farklı türde gıda sağlamak için dünya kaynakları üzerinde artan bir baskı oluşturmaktadır (Henchion et al., 2017). Hayvansal üretim, ülkemizde tarım sektörü içerisinde katma değeri yüksek üretim kollarından biridir (Kopuzlu vd., 2016). Ayrıca hem insan beslenmesi hem de ülke ekonomisi için önem taşıyan bir tarımsal faaliyettir (Çetinkaya vd., 2023). Toplumun besin ihtiyacını karşılamak için hayvancılıktan bölgesel olarak en yüksek verimi ve kârlı üretimi sağlayabilecek şekilde yararlanmalıyız (Bebek & Keskin, 2018). Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği hem Yozgat hem de ülkemiz için önemli bir ekonomik değer olmasının yanı sıra, bu bölgede uzun yıllardır sürdürülen bir sosyal ve kültürel birikime de sahiptir. Bakım ve beslenme açısından birçok avantaja sahip olması nedeniyle küçükbaş hayvanlar et ve süt dışında yapağı, kıl, tiftik, deri, post, gübre gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilen çok sayıda ürüne sahiptir. Birçok sektör bu ürünlerden yoğurt, peynir, süt tozu, tereyağı, kefir, kozmetik, sabun, kaşmir, dondurma, bebek maması ve tekstil gibi ürünlerin üretimi için yararlanır.

Fizyolojik ihtiyaçlardan biri de gıdadır ve bu nedenle insan yaşamı için vazgeçilmezdir. Bununla birlikte, bu kaynağın güvenilirliği bulunabilirliği kadar önemlidir (Gözener vd., 2009). Tüketicilerin çoğunluğu, teknolojik ilerleme, ekonomik ve sosyal refahın artması nedeniyle gıda tüketimi ve gıda satın alma konusunda daha hassastır. Günümüzde, toplum sağlığını korumak ve gelecek nesillere sağlıklı bireyler yetiştirmek için beslenme en önemli konulardan biridir (Demirkol, 2007; Tosun & Hatırlı, 2009). Bu nedenle, dengeli beslenme için tüketim alışkanlıklarının ve tercihlerinin bilinmesi gerekmektedir (Akçay & Vatanserver, 2013). Tüketici bilincinin artması, koyun ve keçi etinin kalite özelliklerini ön plana çıkarmıştır. Günümüzde hayvansal ürünlerin üretiminde artık daha bilinçli ve organize bir üretici kitlesi vardır. Devlet tarafından yürütülen yetiştirici eğitim faaliyetleri, iletişim araçlarının halkın geneline yayılması nedeniyle son zamanlarda daha iyi hale gelmiştir. Ayrıca, lezzet ve kaliteye önem veren tüketiciler için seçme şansı da vardır. Kırmızı etin kalitesinin değerlendirilmesinde, yağlılık, renk, yumuşaklık, pişme süresi ve lezzeti en önemli kriterlerdir. Üretimde tüketicilerin taleplerine uygun kalite özelliklerine sahip ürünleri üretip, pazara sunma ihtiyacı ortaya çıkmıştır ve bilinçli tüketiciler ürün satın alırken daha seçici davranmaktadır (Karaca, 2015). Tüketicilerin yeme kalitesi ve besleyici değer hakkında farkındalıklarının artması nedeniyle nitelikli görünüme sahip etler artan bir şekilde daha fazla talep edilmektedir (Gerbens, 2004). Küçükbaş hayvanlardan elde edilen diğer bir ürün ise süttür. Süt ve süt ürünleri insanların beslenmesinde önemli bir yere sahip olmanın yanı sıra zengin içerikleri, yararlı besin öğeleri nedeniyle özellikle büyüme ve gelişme çağındaki bireylerin beslenmesinde de oldukça önemlidir (Ocak & Önder, 2014). Üretilen sütün kalitesini muhafaza altına alabilmek için hijyen koşullarına uyulması gerekmektedir. Gelişen teknoloji ve artan refah düzeyleri, süt ve süt ürünlerinin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Esenbuğa, 2017).

Gıda güvenliği, sağlıklı gıda üretimini garanti etmek için üretim, işleme, saklama, taşıma ve dağıtım süreçlerinde gerekli kurallara uyulması ve önlemler alınması anlamına gelir (Giray & Sosyal, 2007). Gıda sektörünün büyük ölçüde tüketici taleplerine bağlı olması gıda güvenliğine ilişkin tüketici davranışlarının belirlenmesine yönelik araştırmaların önemini artırmaktadır. Tüketicilerin farkındalığı ve bakış açısı, gıda güvenliği kavramını zaman içinde değiştirebilir. Gıda güvenliğini önemli kılan ve ön plana çıkmasını sağlayan birçok faktör vardır. Gıda güvenliği kavramı, fiyatları, arz talep seviyelerini, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini, üretimi aksatabilecek yetersiz kaynakların olmasını ve bunun sağlık ve çevre ile ilgili sorunlara yol açabileceği endişelerinden kaynaklanmaktadır (Koç & Uzmay, 2015). Farklı aşamalarda yapılan kontroller ile tüketime sunulan gıdaların ne ölçüde sağlıklı olduğu belirlenebilmektedir. Üreticinin kendisi, yasal kontrol kuruluşları ve tüketiciler en iyi kontrol denetleyicileridir. Bu nedenle tüketici davranışları oldukça önemli hale gelmektedir (Kızılaslan & Kızılaslan, 2008). Bu bağlamda, gıda güvenliğinin önemi artmış ve bu alanda çalışmaların yapılmasını önemli hale getirmiştir. Bu çalışmada Yozgat ilinde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde gıda güvenliği bilinci ve tüketici davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma için etik kurul izni, Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu'nun 19.01.2022 tarihli ve 29/23 numaralı kararı ile alınmıştır. Çalışmanın ana materyali, Yozgat ilinde yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen verilerden oluşmaktadır. Anket uygulaması yapılan kişi sayısının belirlenmesinde, sınırlı popülasyonlarda maksimum örnek büyüklüğüne ulaşmak için kullanılan oransal örnek hacmi formülünden yararlanılmıştır (Newbold, 1995). Ana kitleye ilişkin bilgi mevcut olduğunda ve ana kitle 100.000' den büyük ise örnek büyüklüğü belirli bir güven aralığında hata payı ile hesaplanabilmektedir. Bu nedenle, Yozgat ili merkez ilçede toplam hane halkı sayısının 2020 yılı Yozgat İl Nüfus Müdürlüğü verilerine göre 100.000 üzerinde olduğu dikkate alındığında, %95 güven aralığında hata payı hesaplanacaktır. %95 güven aralığı ve %0.05 hata payı ile Yozgat merkez ilçe nüfusu dikkate alınarak örnek hacmi aşağıdaki formülden yararlanılarak 335 olarak hesaplanmıştır (Özdamar, 2004). Araştırma verilerinin analizinde IBM SPSS v24 programı kullanılmıştır (SPSS, 2016). Verilerin analizinde öncelikle tüketicilerin sosyo-demografik özellikleri ortaya konulmuş, daha sonra gıda güvenliği bilinci, gıda ürünleri tüketim ve satın alma davranışları analiz edilmiştir. Araştırmada basit aritmetik ortalama ve yüzde hesaplamalarından yararlanılmıştır.

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

Formülde; n: örnek hacmi, N: örnekleme çerçevesindeki toplam kişi sayısı, p: tahmin oranı, σ_p^2 : oranın varyansını ifade etmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Tüketicilerin sosyo-demografik özellikleri

Tüketicilere ait bazı sosyo-demografik özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur. Ankete katılanların %49.6'sı kadın, % 50.4'ü erkek; %57'si evli, % 43'ü bekar olup, %73.2'sini 40 yaş ve altındaki bireyler oluşturmaktadır. Ankete katılanların %29.3'ü öğrenci, %23.3'ü kamuda çalışan, %14.6'si özelde çalışan, %8'i işçi, %5.6'sı serbest meslek ve %19.1'i ev hanımı olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların %16.7'si ilkököl; %12.2'si ortaokul, %20'si lise, %45.7'si üniversite ve % 5.4'ü yüksek lisans mezunu olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 1. Araştırmaya katılan tüketicilere ait bazı sosyo-demografik özellikler

Table 1. Some socio-demographic characteristics of the consumers participating in the study

Cinsiyet	n	%	Medeni durum	n	%
Kadın	166	49.6	Evli	191	57.0
Erkek	169	50.4	Bekar	144	43.0
Yaş			Eğitim durumu		
19-30	156	46.6	İlkokul	56	16.7
31-40	89	26.6	Ortaokul	41	12.2
41-50	71	21.2	Lise	67	20.0
50 ve üstü	19	5.6	Üniversite	153	45.7
Meslek			Yüksek lisans	18	5.4
Öğrenci	98	29.3	İkamet edilen yer		
Kamu	78	23.3	İl merkezi 1-14	36	10.7
Özel	49	14.6	İl merkezi 15 yıl ve üstü	126	37.6
İşçi	25	8.0	İlçe 1-14	34	10.2
Serbest meslek	19	5.7	İlçe 15 yıl ve üstü	83	24.8
Ev hanımı	66	19.1	Köy 15 yıl ve üstü	56	16.7

Çizelge 1. Devamı

Table 1. Continued

	n	%		n	%
Aile birey sayısı			Yaşamının çoğunu geçirdiği yer		
1-2	14	4.2	Köy	64	19.1
3-4	176	52.5	İlçe	131	39.1
5-6	129	38.5	İl	121	36.1
7 ve üzeri	16	4.8	Büyük şehir	19	5.7
Ailede gıda kaynaklı bir zehirlenme geçirme durumu			Ailedeki çalışan kişi sayısı		
Evet-hazır gıdalar	26	7.8	Anne-baba	46	13.7
Evet-süt ve süt ürünleri	23	6.8	Baba	185	55.2
Evet-dışarda yemek	36	10.7	Baba ve bir yetişkin çocuk	65	19.4
Evet-et ürünleri-hazır gıda-dışardan yemek	29	8.7	Anne-baba-bir yetişkin çocuk	39	11.7
Hayır	221	66.0	Ortalama aylık gelir (TL)		
Ailenizde gıda seçimini etkileyecek hastalık durumu			2500-5000	57	17.2
Evet-gıda alerjisi	28	8.4	5001-7000	54	16.2
Evet-mide hastalıkları	29	8.7	7001-10000	45	13.5
Evet-kalp-damar-mide-tansiyon-diyabet	31	9.1	10001-15000	70	20.9
Evet-solunum yolu-tansiyon-diyabet-böbrek	25	7.5	15001-18000	68	20.3
Evet-vitamin-mineral eksikliği-gıda alerjisi	24	7.2	18001-20000	18	5.4
Hayır	198	59.1	20001 ve üstü	22	6.6

Tüketicilerin çoğunlukla aile birey sayısı (%52.5) 3-4 kişi olmakla beraber, genel olarak 15 yıl ve üzeri Yozgat il merkezi, ilçeleri veya köylerinde ikamet ettikleri belirlenmiştir. Ankete katılan bireylerin %17.2'si 2500-5000TL, %16.2'si 5001-7000TL, %13.5'i 7001-10000TL, %20.9'u 10001-15000TL, %20.3'ü 15001-18000TL, %5.4'ü 18001-20000TL ve %6.6'sı 20001TL ve daha fazla aylık gelir elde ettiklerini belirtmiştir. Ayrıca ailede çalışan kişi sayısına bakıldığında katılımcıların %13.7'si anne-baba; %52'si baba; %19.4'ü baba ve bir yetişkin çocuk ve %11.7'si anne-baba-bir yetişkin çocuk olduğu tespit edilmiştir. Ankete katılan bireylerin %59.1'i ailenizde gıda seçimini etkileyecek bir hastalık durumu var mı sorusuna hayır cevabını verirken, %40.9'u evet cevabını vermiştir. Katılımcıların %66'sı ailede gıda kaynaklı bir zehirlenme yaşanmadığını bildirirken %44'ü süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, hazır gıda veya dışarda yenilen yemek gibi nedenlerden dolayı gıda kaynaklı bir zehirlenme yaşadıklarını belirtmiştir.

Tüketicilerin gıda güvenliği bilgi düzeyi ve özellikleri

Araştırmaya katılan tüketicilerin %48.4'ü bilinçli bir tüketici olduğunu, %61.8'i gıda güvenliği konusuna ilgi duyduğunu ve %71.3'ü gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verdiğini belirtmiştir (Çizelge 2). Katılımcıların %85.7'si gıda güvenliği kavramını duyduğunu bildirirken; gıda güvenliği sertifikaları olarak ilk sırada (%44.2) sadece TSE, ikinci sırada ise (%30.1) TSE, HACCP, GLOBALGAP, ISO 9001 ile organik ve ekolojik ürün sertifikalarını bildiklerini belirtmiştir. Katılımcıların %93.1'i Alo 174 gıda hattını duyduğunu ve %30.8'i daha önce bu hattı kullandığını bildirmiştir. Ayrıca tüketicilerin %53.1'i tükettikleri gıdalardaki etiketi bazen okuduklarını belirtmiştir.

Tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu Çizelge 3'te ve tüketicilerin gıda alışverişinde gıda güvenliği konusundaki önem düzeyleri ise Çizelge 4'te verilmiştir. Ankete katılan tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu için kendilerine sorulan sorulara ağırlıklı olarak "çok önemli" cevabını verdiği belirlenmiştir. Benzer bir şekilde, tüketicilerin gıda alışverişinde çoğunlukla gıda güvenliği konusunun tüm gıda gruplarında çok önemli olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 2. Tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili kavramlar konusunda bilgisi**Table 2.** Consumers knowledge of concepts related to food safety

	n	%
Bilinçli bir tüketici olduğunuzu düşünüyor musunuz?		
Evet	162	48.4
Hayır	173	51.6
Gıda güvenliği ilgi durumu		
Çok ilgiliyim	51	15.2
İlgiliyim	207	61.8
Az ilgiliyim	77	23.0
Gıda alışverişi yaparken gıda güvenliği konusuna önem verme durumu		
Çok önemli	85	25.4
Önemli	239	71.3
Fark etmez	11	3.3
Gıda güvenliği kavramını duyma durumu		
Evet	287	85.7
Hayır	48	14.3
Gıda güvenliği konusunda bilgi kaynakları		
Televizyon-radyo	42	12.5
İnternet-sosyal medya	35	20.5
Bilimsel yayın-kitap-konu uzmanları	37	11.0
İnternet-sosyal medya-akraba-arkadaş	78	13.3
Televizyon-radyo-akraba-arkadaş-konu uzmanı	62	18.5
Hepsi	81	24.2
Gıda güvenliği sertifikaları bilme durumu		
TSE (Türk Standartları Enstitüsü)	148	44.2
TSE- HACCP- organik veya ekolojik ürün sertifikası	25	7.5
TSE- GLOBALGAP- ISO 9001	61	18.2
Hepsi	101	30.1
Ülkenizdeki gıda güvenliği ve korunması hakkındaki düşünceleriniz		
Gıda güvenliğinin sağlandığını düşünüyorum	30	9.2
Yetersiz buluyorum	140	43.1
Denetimleri yetersiz buluyorum	155	47.7
Alo174 gıda hattı hakkında bilgi düzeyi		
Tüketicilerin gıda ile ilgili her türlü şikâyet ve taleplerinin değerlendirmesidir	312	93.1
Tüketicilerin gıda ile ilgili kalitelerini öğrenmek için aradığı bir numara	8	2.4
Gıdaların markalarının hangisinin iyi olduğu öğrenmek için aranılan bir hattır	5	1.5
Bu hattın varlığını duymadım	10	3.0
Tüketime uygun olmayan bir gıda ürünü ile karşılaştığınızda yetkili mercilere başvuru durumu		
Evet	103	30.8
Hayır-uğraşmak istememe	143	42.7
Hayır-sonuç almayacağını düşünme	45	13.4
Hayır-şikâyet ederse üretici zarar uğrar düşüncesi	13	3.9
Hayır-hepsi	31	9.2
Günümüzde gıdaların geçmişe göre daha güvenli olup olmadığı konusundaki görüşler		
Geçmiş yıllara göre daha güvenli	75	22.4
Geçmiş yıllara göre aynı düzeyde	140	41.8
Geçmiş yıllara göre daha az güvenli	120	35.8

Çizelge 2. Devamı

Table 2. Continued

	n	%
Gıda denilince aklınıza ilk gelen sağlık sorunu		
Kanser	83	24.8
Obezite	24	7.2
Gıda zehirlenmeleri	22	6.6
Katkı maddesi	13	3.9
Kanser-obezite-katkı maddesi	27	8.0
Obezite-gıda zehirlenmesi	34	10.1
Kanser-gıda zehirlenmesi-katkı maddesi	24	7.2
Hepsi	108	32.2
Tükettiğiniz gıdaları sağlıklı olduğunu düşünüyor musunuz		
Evet	46	13.7
Hayır-katkı maddesi içermesi	60	17.9
Hatır-GDO	61	18.2
Hayır-katkı maddesi içermesi-GDO-hormon	72	21.5
Hayır-kimyasal madde içermesi-GDO	96	28.7
Tükettiğiniz gıdalarda etiketi okuma durumu		
Daima	32	9.5
Sık sık	90	27.0
Bazen	178	53.1
Çok nadir	35	10.4

Çizelge 3. Tüketicilerin gıda güvenliği kavramı bilgi durumu

Table 3. Consumers knowledge of food safety concept

	Çok önemli		Önemli		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Gıdaların her türlü tehlikeye karşı güvenliğini sağlamaktır	190	56.7	142	42.4	3	0.9
Son kullanım tarihi geçmemiş gıda	211	63.0	121	36.1	3	0.9
Gıdaların üretilip tüketilmesine kadar her aşamasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması, sağlıklı, sağlığa yararlı gıda maddelerinin üretilmesidir	183	54.6	149	44.5	3	0.9
Tüketicilerin her türlü gıdaya ulaşmalarını sağlamaktır	166	49.5	153	45.7	16	4.8
Sağlık açısından güvenli gıda	211	63.0	120	35.8	4	1.2
Kalite belgesi olan gıda	177	52.8	139	41.5	19	5.7
Markalı gıda	149	44.5	125	37.3	61	18.2
İçeriği bilinen gıda	201	60.0	129	38.5	5	1.5

Çizelge 4. Tüketicilerin gıda alışverişinde gıda güvenliği konusundaki önem düzeyleri

Table 4. Consumers level of importance on food safety in food shopping

	Çok önemli		Önemli		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Et ve et ürünleri	270	80.6	65	19.4	-	-
Süt ve süt ürünleri	266	79.4	69	20.6	-	-
Kuru bakliyatlar	182	54.3	142	42.4	11	3.3
Unlu mamuller	201	60.0	122	36.4	12	3.6
Taze meyve-sebze	245	73.1	84	25.1	6	1.8
Kuru meyve-sebzeler	194	57.9	131	39.1	10	3.0
Baharatlar	181	54.0	135	40.3	19	5.7
Sıcak ve soğuk içecekler	174	51.9	139	41.5	22	6.6

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma ve tüketim özellikleri

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörler Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, çoğunlukla katılımcıların gıda güvenliği ile ilgili konuların satın alma kararında önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler incelendiğinde, katılımcılar çoğunlukla kalite (%66.6), tazelik (%71.9), güvenilirlik (%71.6), lezzet (%72.5), dayanıklılık (%72.2) ve verilen promosyonlarda (%74.0) azalma olduğunu belirtirken, fiyat (%78.5), ambalaj (%58.2) ve etiket (%84.2) bilgilerinin arttığını belirtmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 5. Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörler

Table 5. Factors affecting consumers decisions to purchase food products

Gıda ürünleri satın alırken dikkat ettiğiniz kriterler nelerdir	Önemli		Önemsiz		Fark etmez	
	n	%	n	%	n	%
Markası	247	73.7	49	14.6	39	11.7
Fiyatı	233	69.6	79	23.6	23	6.8
Görünüşü	307	91.6	20	6.0	8	2.4
Ambalajı	304	90.7	19	5.7	12	3.6
Besin değeri	301	89.9	21	6.3	13	3.9
İndirimli olması	232	69.3	82	24.5	21	6.3
Lezzeti	324	96.7	9	2.7	2	0.6
Ürünü hijyenik olması	326	97.3	5	1.5	4	1.2
Gıda satın aldığım yerin hijyenine dikkat ederim	319	95.2	8	2.4	8	2.4
Gıda satın alınan yerde çalışanların eldiven vb. takmış olmaları	297	88.7	21	6.3	17	5.1
Gıda güvenliği sertifikası olması	271	80.9	41	12.2	23	6.9
Taze olması	307	91.6	17	5.1	12	3.6
Yöresel ürün olması	232	69.3	56	16.7	47	14.0
Uzman önerileri	255	76.1	34	10.1	46	13.7
Geçmiş deneyimler	302	90.1	17	5.1	16	4.8
Etiket bilgisi	295	88.1	18	5.4	23	6.9
Tanıtım-reklam	241	71.9	55	16.4	39	11.6
Ürün kullanımının-hazırlanmasının kolay olması	264	78.8	47	14.0	24	7.2
Üretim yeri-menşesine	292	87.2	21	6.3	22	6.6
Katkı maddelerine	320	95.5	-	-	5	1.5
Tüketim- üretim tarihine	323	96.4	-	-	2	0.6
Organik-iyi tarım uygulamaları ile üretilmiş olmasına	300	89.6	20	6.0	15	4.5
Satın alınan yerde uygun koşullarda satılması ve muhafaza edilmesi	320	95.5	9	2.7	6	1.8

Çizelge 6. Katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler

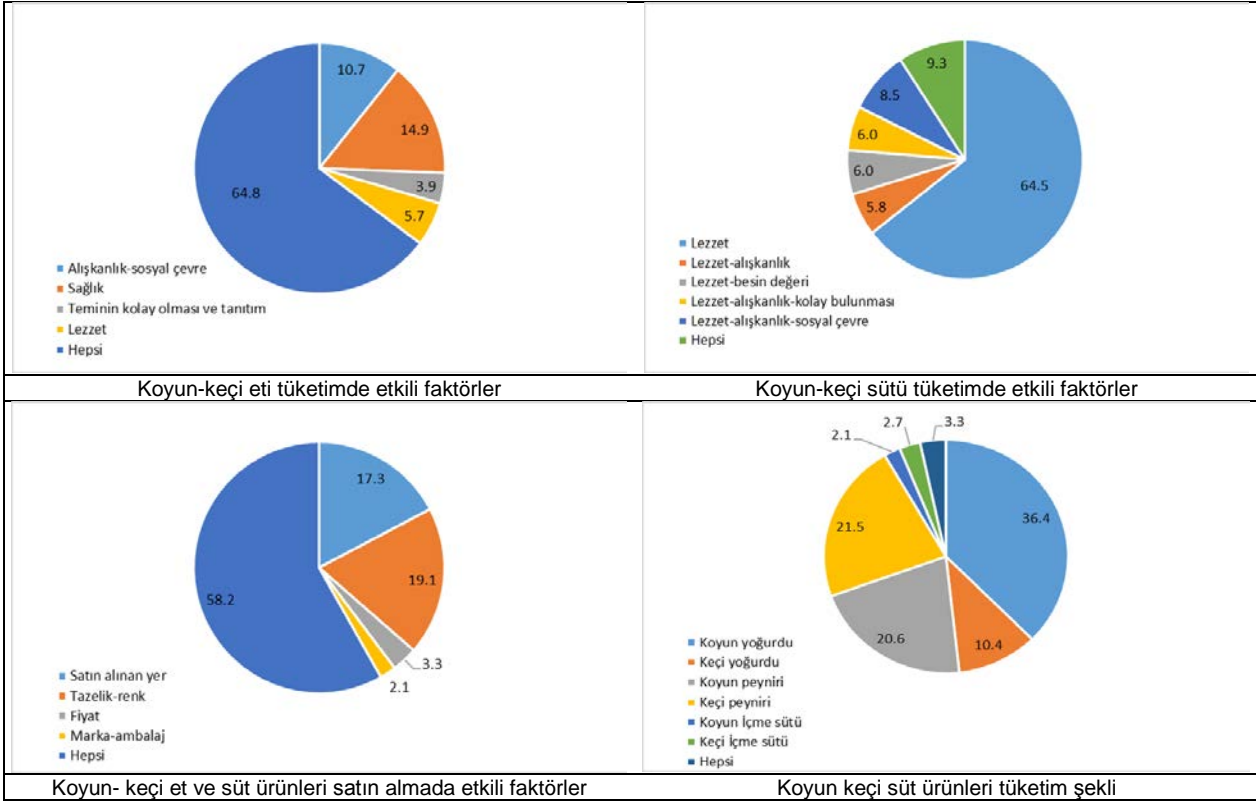
Table 6. Changes observed by participants when purchasing food products in recent years

	Arttı		Azaldı		Değişmedi	
	n	%	n	%	n	%
Kalite	64	19.1	223	66.6	48	14.3
Fiyatı	263	78.5	14	4.2	58	17.3
Ambalajı	195	58.2	82	24.5	58	17.3
Etiket	282	84.2	27	8.0	26	7.8
Tazelik	48	14.3	241	71.9	46	13.7
Güvenilirlik	37	11.1	240	71.6	58	17.3
Lezzet	42	12.5	243	72.5	50	15.0
Promosyon	40	12.0	248	74.0	47	14.0
Dayanıklılık	55	16.4	242	72.3	38	11.3

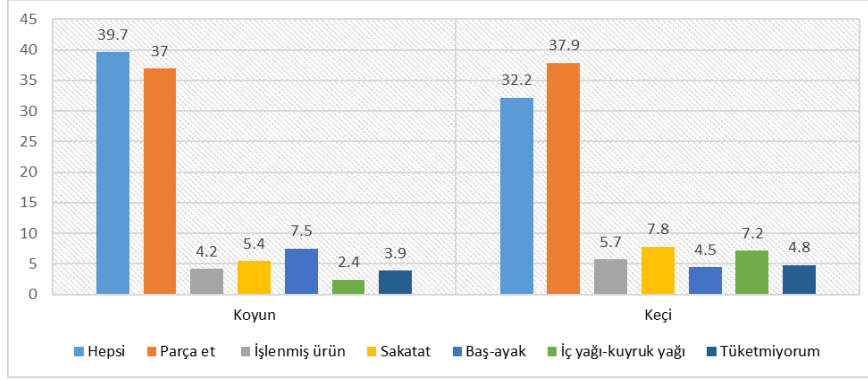
Çizelge 7. Katılımcıların hayvansal ürünleri satın alma yeri**Table 7.** Where participants purchased animal products

	Market		Üretici		Kasap		Şarküteri		Kooperatif-Birlik		Semt pazarı		Market-üretici		Market-üretici-kendim ürettiyorum	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Süt	219	65.4	109	32.5	9	2.7	14	4.2	30	9.0	5	1.5	65	19.4	66	19.7
Peynir	187	55.8	83	24.8	-	-	18	5.4	15	4.5	9	2.7	29	8.7	72	21.5
Yoğurt	230	68.7	82	24.5	-	-	3	0.9	15	4.5	3	0.9	24	7.2	97	29.0
Tereyağı	177	52.8	112	33.4	-	-	7	2.1	15	4.5	9	2.7	29	8.7	66	19.7
Kaymak	201	60.0	86	25.7	-	-	5	1.5	15	4.5	3	0.9	16	4.8	71	21.2
Kırmızı et	92	27.5	22	6.6	169	50.4	50	14.9	2	0.6	-	-	3	0.9	47	14.0
Sucuk-pastırma	105	31.3	14	4.2	141	42.1	61	18.2	1	0.3	-	-	3	0.9	18	5.4
Beyaz et	144	43.0	13	3.9	165	49.3	104	31.0	1	0.3	-	-	5	1.5	37	11.0

Ankete katılan bireylerin koyun-keçi et ve süt tüketimi ile satın almada etkili faktörler ve süt ve süt ürünleri tüketim şekilleri Şekil 1'de sunulmuştur. Ankete katılan bireylerin koyun-keçi eti tüketiminde etkili faktörlerin başında lezzet (%64.5) gelirken koyun-keçi süt ve süt ürünleri tüketiminde etkili faktörlerin sosyal çevre, sağlık, teminin kolay olması, tanıtım ve lezzet (%64.8) olduğu görülmektedir. Ayrıca, katılımcılar koyun-keçi et ve süt ürünleri alırken genel olarak %58.2 satın alınan yerin etkili olduğunu bildirmiştir. Katılımcılardan koyun-keçi süt ürünlerinden koyun yoğurdunu %36.4'ü, koyun peynirini %20.6'sı, keçi peynirini %21.5'i, keçi yoğurdunu %10.4'ü, içme sütü olarak %4.8'i ve %3.3'ü hepsini tükettiğini belirtmiştir.

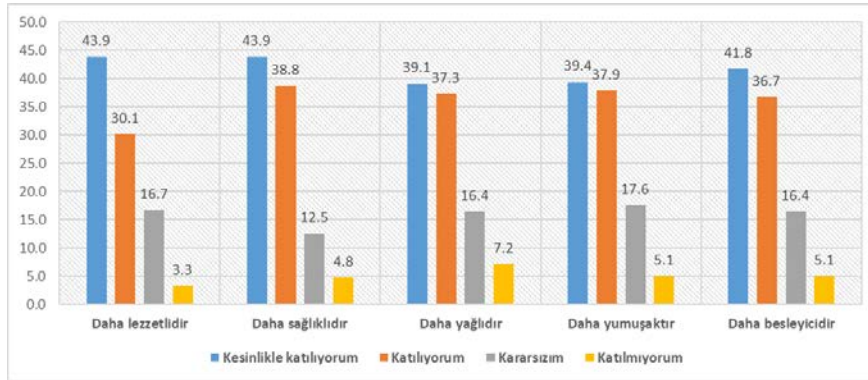
**Şekil 1.** Katılımcıların koyun-keçi et ve süt tüketimi ile satın almada etkili faktörler ve süt ve süt ürünleri tüketim şekilleri.**Figure 1.** Participants sheep-goat meat and milk consumption, factors affecting purchasing and consumption patterns of milk and dairy products.

Ankete katılan bireylerin koyun ve keçi eti satın alma şekli genel olarak (%37.0, %37.9) parça et şeklinde olup, parça et-işlenmiş ürün-sakatat-baş-ayak-iç yağı-kuyruk yağı olarak hepsini tükettiğini belirtenlerin oranı ise sırasıyla %39.7 ve %32.2'dir (Şekil 2). Katılımcıların koyun-keçi eti ve et ürünleri ile süt ve süt ürünleri tercih etme nedenlerine bakıldığında, ilk sırada daha lezzetli ve sağlıklı olduğu görülmektedir (Şekil 3 ve 4).



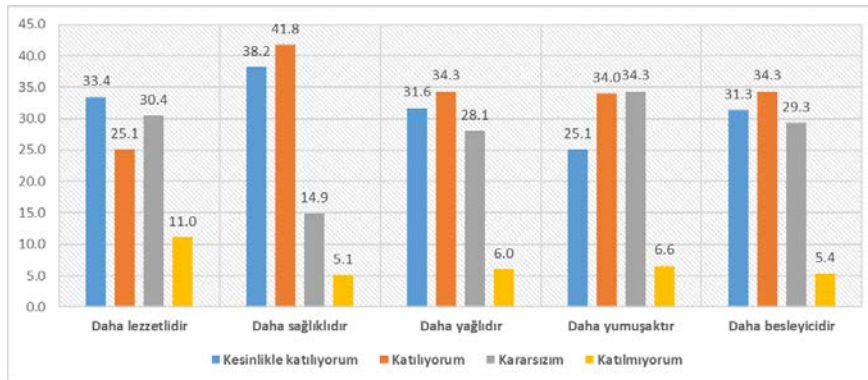
Şekil 2. Katılımcıların koyun ve keçi eti satın alma tercihi.

Figure 2. Participants preference for purchasing sheep and goat meat.



Şekil 3. Katılımcıların koyun-keçi eti ve et ürünleri tercih etme nedenleri.

Figure 3. Reasons why participants prefer sheep-goat meat and meat products.



Şekil 4. Katılımcıların koyun-keçi sütü ve süt ürünleri tercih etme nedenleri.

Figure 4. Reasons why participants prefer sheep-goat milk and dairy products.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Gıda satın alma kararında tüketiciye ait birçok özellik etkili olmaktadır. Bu özellikler demografik, sosyo-kültürel ve psikolojik olarak sıralanabilir (Örücü & Tavşancı, 2001). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde cinsiyet ve medeni duruma göre katılımcılar arasında dengeli bir dağılım olduğu görülmektedir. Ek olarak katılımcıların %73.2'sini 40 yaş ve altındaki bireyler oluşturmaktadır. Katılımcıların %20'si lise, %45.7'si üniversite ve %5.4'ü yüksek lisans mezunu olduğu ve ortalama hane halkı sayısı ise ağırlıklı olarak (%52.5) 3-4 kişi olduğu bildirilmiştir. Araştırma sonuçları farklı illerde yapılan çalışmalar ile benzerdir (Keleş vd., 2021; Durmaz Dayılar, 2018). Ayrıca katılımcıların %40.9'u ailede kronik bir rahatsızlığı bulunan bir bireyin olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar Engindeniz vd. (2021) bildirdikleri sonuçlardan (%25.09) yüksek bulunmuştur. Ailede çalışan sayısı bakımından elde edilen sonuçlar Acıbuca & Kaya (2023)'nin yaptıkları çalışma sonuçları ile benzerdir. Katılımcılar genel olarak 15 yıl ve üzeri Yozgat il merkezi-ilçeleri veya köylerinde ikamet ettiklerini belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular Tokat ilinde Onurlubaş & Gürler (2016)'in yaptıkları çalışma sonuçları ile uyumludur.

Tüketiciler satın alma kararlarını verirken her zaman rasyonel davranmamaktadırlar. Bir ürünün tüketicilere maksimum fayda sağlaması ve özelliklerinin iyi olması o ürünün satın alınması için yeterli olmamaktadır (Yücel & Şimşek, 2018). Bu durumun nedeni, küreselleşen ve değişen toplumsal, kültürel ve ekonomik yapının tüketici tercihlerine etkisi ve bu etkinin bireyler arasında nasıl değiştiğidir. Bu nedenle, kalite, marka, ambalaj, lezzet ve tazelik gibi özelliklerin yanı sıra ürünlerin insan sağlığına zarar vermemesi önemlidir. Bu konularla ilgili endişelerin artması, insanların sağlıklı gıda tüketme konusunda daha fazla farkındalığa sahip olmalarına neden olmaktadır (Honkanen vd., 2006). Bilinçli tüketiciler, insan sağlığını tehlikeye atmamak için gıdaların satın alınması, saklanması, hazırlanması ve tüketilmesi gibi tüm süreçlerde maksimum özen gösterirler (Örücü & Tavşancı, 2001). Ankete katılan bireylerin %85.7'si gıda güvenliği kavramını duyduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar Yalçın (2012), Keleş vd. (2021) ve Taşdan vd. (2014)'nin farklı illerde yaptıkları çalışma sonuçları ile benzer; Onurlubaş & Gürler (2016)'in yaptıkları çalışma sonuçlarından ise yüksek bulunmuştur. Ayrıca tüketicilerin gıda güvenilirliği konusunda bilgi edindikleri kaynaklar bakımından elde edilen sonuçlar Madenci vd., 2019 ve Keleş vd., (2021) ile benzerlik göstermektedir. Tüketicilerin gıda ürünleri kalitesinin değerlendirilmesine kullanılan bazı kavramların bilinirliği sorgulandığında, genel olarak bilgi sahibi oldukları görülmektedir. Araştırma bulguları Kırmacı vd. (2021)'nin yaptıkları çalışma sonuçları ile uyumludur. Ankete katılan bireylerin %93.1'i Alo 174 gıda hattını doğru bir şekilde tanımlarken bu bulgular Onurlubaş (2015)'in %42.6 ve Durmaz Dayılar (2018)'in %67.4'ünün tüketicilerin Alo 174 gıda hattı tanımını doğru yaptığını bildirişlerinden yüksek bulunmuştur. Ancak araştırmaya katılan katılımcıların sadece %30.8'i bu hattı daha önceden kullandığını bildirmiştir. Tüketiciler uğraşmak istememeleri, sonuç alamayacağını düşünmeleri ya da şikâyet ederse üretici zarara uğrar düşüncesi ile bu hattı kullanmadıklarını belirtmişlerdir.

Araştırmaya katılan bireyler çoğunlukla gıda alışverişinde gıda güvenliği konusunu çok önemli bulduklarını bildirmişlerdir (Çizelge 4). Ayrıca gıda ürünleri satın alma kararlarında etkili olan faktörlere de bakıldığında gıda güvenliğinin sağlanmasında etkili olan faktörlerin çoğunlukla önemli bir faktör olduğunu bildirdikleri görülmektedir (Çizelge 5). Onurlubaş (2015) tarafından yapılan bir araştırma, tüketicilerin gıda ürünleriyle ilgili görüşlerini incelemiştir. Tüketicilerin çoğu, gıda ürünlerinin etiketleri, ambalajları, kalitesi ve tazeliğinin şimdi daha iyi olduğunu, ancak yarıdan fazlası gıda ürünlerinin fiyatının ve tadının daha öncelikli olduğunu düşünmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ise katılımcıların son yıllarda gıda ürünleri satın alırken gözlemlediği değişimler incelendiğinde; katılımcılar çoğunlukla kalite, tazelik, güvenilirlik, lezzet, dayanıklılık ve verilen promosyonlarda azalma olduğu; fiyat, ambalaj ve etiket bilgilerinin arttığı bildirilmiştir.

Gıda güvenliği açısından ürünlerin ambalajlı olması, sağlıklı olması ve tazeliğini koruyabilmesini sağlamaktadır (Onurlubaş, 2015). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda ambalajlı ürünlerin sağlıklı olmasının yanı sıra saklama imkânı sağlaması, kaliteli olması ve taşıma kolaylığı sağladığı da bildirilmiştir (Uzunöz vd., 2008). Ankete katılan katılımcıların tamamı öncelikli olarak mutlaka ambalajlı ürünleri tercih ettiklerini

bildirmiştir. Ek olarak katılımcıların çoğunluğu tükettikleri gıdaların sağlıklı olduğunu düşünmediklerini (%86.3) bildirirken, sadece %9.5'i tükettikleri gıdalarda etiketi daima okuduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda tüketicilerin gıda ürünlerini satın almada, geleneksel perakendecilerden süpermarketlere ve hipermarketlere doğru eğilimin olduğunu, taze et satın alırken ise uzmanlaşmış geleneksel perakendecileri tercih ettikleri bildirilmektedir (Gracia, 2005; Uluat, 2002; Onurlubaş, 2015; Yaylak vd., 2010; Taşkın vd., 2020). Yapılan diğer çalışmaların bulguları bu araştırmanın sonuçlarıyla uyumludur (Çizelge 7).

Gıda maddelerinin tüketim alışkanlıkları ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye değiştiği gibi iller arasında hatta yöresel olarak da farklılık gösterebilmektedir (Şengül, 2004; Karakuş vd., 2008). Et ve et ürünlerinde tüketici algısı, bu ürünlerin tercih edilmesi ve tüketilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum aynı zamanda üretici açısından kârlılığı etkilediğinden kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Troy & Kerry, 2010). Ankete katılan bireylerin tamamında et tüketim tercihlerinde ilk sırayı kırmızı et alırken, aynı zamanda katılımcılar kırmızı et tüketiminde de ağırlıklı olarak koyun etini tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Farklı illerde yapılan benzer çalışmalarda da katılımcıların büyük bir bölümünün kırmızı et tüketiminde ağırlıklı olarak koyun etini tercih ettikleri bildirilmiştir (Karakuş vd., 2008; Tosun & Hatırlı, 2009; Şeker vd., 2011). Tüketicilerin satın alma tercihlerinin temelini, ürünün sahip olduğu kalite ipuçları belirlemektedir (Troy & Kerry, 2010). Katılımcıların koyun-keçi etini tüketiminde etkili olan faktörlerin başında etin lezzetlilik parametresi gelmektedir. Yapılan çalışma sonuçları literatür bildirişleri ile uyumludur (Taşkın vd., 2020; Aygün vd., 2004; Şeker vd., 2011). Ek olarak sırası ile et tüketim tercihlerinde alışkanlıklar, besin değeri, sosyal çevrenin etkisi bulunmaktadır. Bu durumun nedenleri arasında; katılımcıların koyun etini severek tüketmeleri, damak tadı ve bölgede arazi yapısının küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine uygun olması ile yaygın olarak küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapılması ön plana çıkmaktadır. Katılımcılar koyun-keçi süt ve süt ürünleri tüketiminde etkili faktörlerin sosyal çevre, sağlık, teminin kolay olması, tanıtım ve lezzet (%64.8) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca katılımcılar koyun-keçi et ve süt ürünleri alırken büyük oranda satın alınan yerin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Katılımcıların koyun-keçi süt ürünleri tüketim tercihlerine bakıldığında ilk sırada koyun yoğurdu yer alırken sırası ile koyun peyniri, keçi peyniri, keçi yoğurdu ve içme sütü olarak tükettikleri belirlenmiştir.

Koyun ve keçiden elde edilen ürünlerin ülkemiz ekonomisi için ne kadar önemli olduğunun henüz bilincine varılmamıştır. Türk mutfağında koyun ve keçilerden elde edilen ürünlerin özel bir yeri ve önemi vardır. Kuzu ve oğlak eti, özelliklerinden dolayı sevilerek tüketilmektedir. Ülkemizde koyun ve keçi sütünün önemi ve bunlardan üretilen ürünlerin tüketim alışkanlığı yeni yeni ortaya çıkmışken, koyun ve keçiden geleneksel yöntemlerle üretilen peynirler dünya çapında yüksek fiyatlara pazarlanmaktadır. Küçükbaş hayvancılığın hayvansal üretim değerine katkısının büyükbaş hayvancılığa göre daha düşük olmasına rağmen, koyun ve keçi üretimi, özellikle marjinal kırsal alanlarda üreticiye gelir ve istihdam sağlamanın yanı sıra önemli bir gıda kaynağı olmaya devam etmektedir. Koyun ve keçi yetiştiriciliğinin küçük ve dağınık işletmeler halinde olması nedeniyle üretilen çiğ sütlerin toplanması ve değerlendirilmesi birçok sorunla karşı karşıyadır. Küçük aile işletmeleri ihtiyaç doğrultusunda çiğ sütü daha çok (seyyar) sokak sütçülüğü şeklinde pazarlamakta, elde edilen sütler yoğurt, çökelek vb. ürün olarak ya da her gün üretilen sütleri geleneksel yöntemlerle peynire dönüştürerek, uzun bir saklama periyodu sonrası pazarlamaktadır. Koyun ve keçi ürünlerinin önem kazanması ve alternatif bir gelir kaynağı olabileceğinin ortaya çıkmasıyla birlikte, Türkiye'nin farklı bölgelerinde küçükbaş hayvancılığın geliştirilmesi konusunda çeşitli kurumlarca projeler oluşturulmuş, uygulamaya aktarılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Yozgat ilinde de bu farkındalıkların oluşması için hem üreticilerin hem de tüketicilerin bilgi, beceri ve isteklerinin ortaya konulması için çok sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır. Tüketici tercihlerinin belirlenmesi ile ilimizde küçükbaş hayvanlardan elde edilen ürünlerde ürün çeşitliliği, ürün talebi, hijyen, ürünlere ulaşma, pazarlama, fiyat, markalaşma vb. birçok konuda geliştirilecek stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu tarafından 19.01.2022 tarihli, 29/23 sayılı belge numarasıyla onay almıştır.

Finansal Destek

Bu çalışma TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında finansal olarak desteklenmiştir (TÜBİTAK BİDEB, Başvuru Numarası; 1919B012104727). Yazarlar finansal destek için teşekkür eder.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Dr. H Ece SALALI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Acıbuca, V. & A. Kaya, 2023. Mardin ili Artuklu ilçesinde tüketicilerin kırmızı et tüketim tercihi ve alışkanlıkları. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 38 (2): 244-253.
- Akçay, Y. & Ö. Vatansver, 2013. Kırmızı et tüketimi üzerine bir araştırma: Kocaeli ili kentsel alan örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4 (1): 43-60.
- Aygün, T., F. Karakuş, A. Yılmaz & H. Ülker, 2004. "Van İli Merkez İlçede kırmızı et tüketim alışkanlığı, 361-364". 4.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, (1-4 Eylül, Isparta) Bildirileri, Türkiye, 1332 s.
- Bebek, D.T. & M. Keskin, 2018. Mersin ilinde koyun yetiştiriciliğinin mevcut durumu bazı verim ve yapısal özellikleri. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 23 (2): 315-329.
- Çetinkaya, S., C. Akbay & A. Güneş, 2023. Kahramanmaraş ilindeki küçükbaş hayvan üreticilerinin memnuniyet durumunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 29 (2): 107-114.
- Demirkol, C., 2007. Türkiye'de Kırmızı Et Sektörünün Sanayici ve Tüketici Düzeyinde Analizi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tekirdağ, 153 s.
- Durmaz Dayılar, Ö., 2018 Gıda Güvenliği Kavramı Bilinç Düzeyinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Konya, 99 s.
- Engindeniz, S., T. Taşkın, A.A. Gbadamonsi, A.S. Ahmed, A.F. Seiody, Ç. Kandemir & N. Koşum, 2021. Tüketicilerin süt ve süt ürünleri tercihlerinin analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3): 470-481.
- Esenbuğa, D.N., 2017. Morkaraman ve Tuj Koyunlarında Laktasyon Süt Verim Özellikleri, Süt Bileşenleri, Sütteki Somatik Hücre Sayısı ve Lipid Profillerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Erzurum, 72 s.
- Gerbens, F., 2004. "Genetik Control of Intramuscular Fat Accretion, 343-361". In: Muscle Development of Livestock Animals: Physiology, Genetics and Meat Quality. (Eds. M.F.W. Pas, M.E. Everts & H.P. Haagsman), CABI Publishing, 411 pp.
- Giray, H. & A. Soysal, 2007. Türkiye'de gıda güvenliği ve mevzuatı. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (6): 485-490.
- Gözener, B., E.O. Büyükbay & M. Sayılı, 2009. Gıda güvenliği konusunda öğrencilerin bilgi düzeylerinin incelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2): 45-53.

- Gracia, A., 2005. Comportamiento del Consumidor de Carne de Cordero con Indicación Geográfica Protegida en Aragón. CITA Proje Raporu, Unidad de Economía Agraria, Zaragoza-Spain, 135 pp.
- Henchion, M., M. Hayes, A.M. Mullen, M. Fenelon & B., Tiwari, 2017. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6 (7): 150-170.
- Honkanen P., B. Verplanken & S.O. Olsen, 2006. Ethical values and motives driving organic food choice. *Journal of Consumer Behaviour*, 5 (5): 420-430.
- Karaca, Ü., 2015. Farklı Genotiplere Ait Kuzuların Kesim ve Karkas Özellikleri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 85 s.
- Karakuş, K. T. Aygün & E. Alarşlan, 2008. Gaziantep ili merkez ilçede kırmızı et tüketim alışkanlıkları. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 18 (2): 113-120.
- Keleş, H. K. Dorukatlı, M. Gül & B. Kadakoğlu, 2021. Tüketicilerin gıda güvenilirliği konusunda farkındalıkları: Konya ili kent merkezi örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2): 316-325.
- Kırmacı, H.A. & H. Özçelik, 2021. Tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Ankara ili örneği). *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4 (2): 258-273.
- Kızılaslan, N. & H. Kızılaslan, 2008. Tüketicilerin satın aldıkları gıda maddeleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Tokat ili örneği), *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 67-74.
- Koç, G. & A. Uzmay, 2015. Gıda güvencesi ve gıda güvenliği: kavramsal çerçeve, gelişmeler ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 21 (1): 39-48.
- Kopuzlu, S., Ş. Çelebi & M.A. Yörük, 2016. Erzurum İlinde küçükbaş hayvancılığın mevcut durumu ve potansiyeli. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 30 (1): 60-69.
- Madenci, A.B., S. Türker, Z. Bayramoğlu & V. Eyiz, 2019. Tüketicilerin gıda güvenliğine yönelik tutum ve algılarını etkileyen sosyo-ekonomik faktörler: Konya ili örneği. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 1 (1): 48-59.
- Newbold, P., 1995. *Statistics for Business and Economics*, Prentice Hall Inc., USA. 1016 pp.
- Ocak, S. & H. Önder, 2014. Süt ürünlerinde tüketici tercihini etkileyen faktörler ve gıda güvenliği bilinci. *Hayvansal Üretim*, 55 (2): 9-15.
- Onurlubaş, E. & A.Z. Gürler, 2016. Gıda güvenliği konusunda tüketicilerin bilinç düzeyini etkileyen faktörler. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33 (1): 132-141.
- Onurlubaş, E., 2015. Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi 'Tokat İli Örneği'. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tokat, 196 s.
- Örücü, E. & S. Tavşancı, 2001. Gıda ürünlerinde tüketicinin satın alma eğilimini etkileyen faktörler ve ambalajlama. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3: 1-13.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. Kaan Kitabevi, Genişletilmiş 5. Baskı, Eskişehir, 649 s.
- SPSS, 2016. IBM Corp. Released 2016. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp, 102 pp.
- Şeker, İ., A. Özen, H. Güler, P. Şeker & İ. Özden, 2011. Elazığ'da kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve tüketicilerin hayvan refahı konusundaki görüşleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (4): 543-550.
- Şengül, S., 2004. Türkiye'de gelir gruplarına göre gıda talebi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 31 (1): 115-148.
- Taşdan, K. M. Albayrak, B. Gürer, O.O. Özer, K. Albayrak & H.T. Güldal, 2014. "Geleneksel gıdalarda tüketicilerin gıda güvenliği algısı: Ankara ili örneği, 363-386". 2.Uluslararası Davraz Kongresi, (29-31 Mayıs, Isparta) Bildirileri, Türkiye, 4599 s.
- Taşkın, T., S. Engindeniz, A.A. Gbadamonsi, Ç. Kandemir & N. Koşum, 2020. Gençlerin kırmızı et tüketim tercihlerinin analizi: Ege Üniversitesi öğrencileri örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1): 63-72.
- Tosun, Ö.O. & S.A. Hatırlı, 2009. Tüketicilerin kırmızı et satın alım yerleri tercihlerinin analizi: Antalya ili örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 433-445.
- Troy, D.J. & J.P. Kerry, 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86 (1): 214-226.

- Uluat, S., 2002. Van İli Merkez İlçede Hayvansal Gıda Tüketim Yapısı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Van, 55 s.
- Uzunöz, M., E. Oruç & G. Bal, 2008. Kırsal kadınların gıda güvenliği konusunda bilinç düzeyleri (Tokat ili örneği). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2): 35-46.
- Yalçın, A., 2012. Tüketicilerin Gıda Güvenliği İle İlgili Tutum ve Davranışları (Samsun İli Örneği). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 143 s.
- Yaylak, E., T. Taşkın, N. Koyubenbe & Y. Konca, 2010. İzmir ili Ödemiş ilçesinde kırmızı et tüketim davranışlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Hayvansal Üretim, 51 (1): 21-30.
- Yücel A. & A.İ. Şimşek, 2018. Tüketici davranışlarını analiz etmede nöropazarlama yöntem ve araçlarının kullanımı. İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 7 (1): 118-142.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):501-517
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1456452>

Tuğba TUNÇ¹ 

Emrah YILDIRIM^{2*} 

¹ Finike Belediyesi, 07740 Finike, Antalya, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Peyzaj Mimarlığı Bölümü 07070 Konyaaltı, Antalya, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eyildirim@akdeniz.edu.tr

Anahtar sözcükler: Alternatif turizm rotası, doğal peyzaj, kültürel peyzaj, peyzaj değerleri, sürdürülebilir turizm

Keywords: Alternative tourism route, natural landscape, cultural landscape, landscape values, sustainable tourism

Doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile alternatif turizm rotaları: Finike, Antalya*

Alternative tourism routes with regard to natural and cultural landscape values: Finike, Antalya

* Bu makale 1. Yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 23.03.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 02.08.2024

ÖZ

Amaç: Alternatif Turizm rotaları, iki veya daha fazla nokta arasında bulunan ve turizme kaynak oluşturan değerlerin bağlantılılığından oluşan sistemi tanımlamaktadır. Bölgedeki turizm ürününe çeşitlilik katmakta; doğal, tarihi, kültürel, sosyal ve estetik değerlerin korunup geliştirilerek çekiciliklerinin devamının hedeflendiği sürdürülebilir turizme imkân sunmaktadır. Çalışmayla zengin peyzaj değerlerine sahip olan Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek, alternatif turizm rotalarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem: Çalışma alanı olarak Antalya'nın Finike ilçesi seçilmiştir. Çalışmanın materyalini Finike ilçesinin kültürel ve doğal peyzaj özellikleri oluşturmaktadır. Çalışma yöntemi; peyzaj değerlerinin envanteri, arazi çalışmaları ve gözlem formlarının doldurulmasıyla elde edilen kültürel özellikler, doğal peyzaj özellikleri ile yöreye özgü gelenek-göreneklerin belirlenmesi ve alternatif turizm rotalarının tanımlanması aşamalarından oluşmaktadır.

Araştırma Bulguları: Finike kent merkezinden başlayarak ilçenin uzak mesafelerine kadar turizme kaynak oluşturacak doğal ve kültürel değerler tespit edilmiş ve aralarındaki bağlantılılık kurulmuştur. Likya Yolu gibi mevcut rotalar alternatif faaliyetlerle bütünleştirilirken alternatif turizm rotaları bisiklet, yürüyüş, Yörük göç yolu olarak temalandırılmıştır. Bu kapsamda 2 bisiklet rotası, 2 Yörük göç rotası ve 9 yürüyüş rotası belirlenmiştir.

Sonuç: Çalışma sonuçlarının kitle turizmine alternatif olarak görülen doğa ve kültür turizminin rotalar ve bir sistem dâhilinde değerlendirilmesiyle Finike bölgesinin sürdürülebilir turizm gelişmelerine temel oluşturması, doğal ve kültürel değerler konusundaki farkındalığın artmasına ve korunmasına katkı sunması beklenmektedir.

ABSTRACT

Objective: Alternative Tourism routes define the system consisting of the connectivity of values between two or more points that constitute a source of sustainable tourism, aims to preserve and develop natural, historical, cultural, social and aesthetic values and maintain their attractiveness. The study aimed to determine alternative tourism routes by analyzing the natural and cultural landscape values of Finike.

Material and Methods: The study area was Finike district of Antalya and the material was consisting of the cultural and natural landscape features of Finike. The method consists of the stages of inventory of landscape values, field studies and filling out observation forms, determining the prominent cultural features, natural landscape features and local traditions and customs, and defining alternative tourism routes.

Results: Natural and cultural values, starting from Finike city center to long distances, have been identified and the connectivity between them has been established. While existing routes such as the Lycian Way are integrated with alternative activities, alternative tourism routes are themed as cycling, walking, and Yörük migration route. In this context, 2 bicycle routes, 2 Yörük migration routes and 9 walking routes were determined.

Conclusion: It is expected that the results of the study will form the basis for sustainable tourism developments in the Finike region by evaluating nature and cultural tourism, which is seen as an alternative to mass tourism, within routes and a system, and contribute to the increase and preservation of awareness of natural and cultural values.

GİRİŞ

Bir alanın doğal ve kültürel özelliklerinin bütünü olan peyzaj, doğa ve insan arasındaki karşılıklı etkileşimin en ilginç örneklerini sunar. İnsan ve peyzaj birbiriyle çok yakından ilişkili olup, doğadaki varlıkların/objelerin bütünü'nün veya bir bölümünün, insan eliyle değiştirilip yeniden yorumlanması sonucu kültürel peyzajlar oluşmaktadır. Doğal ve kültürel peyzajlardan tatil ve dinlenme amacıyla yararlanma çabası turizm faaliyetlerini ve turizm peyzajlarını beraberinde getirmiştir. Büyük oranda doğal çevrenin ve peyzajın çeşitliliğine, değerlerine bağlı turizm, ekonomik kalkınmaya başlı başına büyük ölçüde olanak sağladığı için yerel ve ulusal ölçekte genel olarak desteklenmektedir. Ancak uygulamaların bütüncül ve sürdürülebilir olmaması doğal ve kültürel peyzajların korunması zorunluluğu vardır.

Turizm; dinlenme, eğlenme, görme, tanıma vb. amaçlarla yapılan gezi; bir ülkeye veya bir bölgeye turist çekmek için alınan ekonomik, kültürel, teknik önlemlerin, yapılan çalışmaların tümü olarak tanımlanmıştır (TDK, 2024). Ülkemiz turizm gelişmelerinin temellerinin atıldığı 1970'lerden itibaren kitle turizm ürünü ile öne çıkmaktadır. Atik (2003)'e göre 1969 yılında yürürlüğe giren 6/12209 Sayılı Kararname ile Ege ve Akdeniz bölgelerinin Balıkesir'den Antalya'ya kadar uzanan kesiminde 3 km genişliğindeki kıyı şeridi Öncelikli Turizm Gelişim Alanı olarak tanımlanmış ve geçen 50 yıllık süre içinde çok sayıda turizm gelişim bölgesi ilan edilmiştir.

Turizm gelirlerinin ülke geneline eşit dağılımını sağlamak, kırsal bölgelerde ekonomik kalkınmaya kaynak oluşturmak ve turizm tüm yıla yaymak amacıyla 2000'lerden itibaren turizminin çeşitlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Çelik Çanga & Şenay (2023), kırsal alanların, sahip oldukları doğal ve kültürel peyzaj değerleri açısından rekreasyonel kullanımda büyük öneme sahip olduğunu ve bu potansiyele sahip alanlara büyük değer kattığını belirtmektedir.

Ülkemizde turizm; sağlık ve termal, kış, yayla, mağara, av, kongre, golf, yat, ipek yolu, inanç, hava sporları, dağcılık, akarsu-rafting, su altı dalış, kuş gözlemciliği altında sınıflandırılmıştır (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022) ve alternatif turizm çeşitleri olarak kabul edilmiştir. Bunlara, agroturizm, kamp turizmi, olta balıkçılığı turizmi, flora-fauna gözlemciliği turizmi, festival turizmi gibi başlıkları da eklemek mümkündür.

Alternatif, değişik ve farklı anlamına gelip (TDK, 2024), turizm bağlamında sürekliliği olan bir uygulamadan farklı olana karşılık gelmektedir. Alternatif turizm kitle, doğa vb gibi farklı turizm çeşidini; alternatif turizm rotası ise aynı turizm bölgesindeki bağlantılı faaliyetin tümünü kapsamaktadır. Görmüş et al. (2017), kültür rotalarının doğal ve kültürel mirasın korunması çabası ile geliştirildiğini belirtirken; Cruz et al. (2022), turizm rotalarını kentler ile kırsal-doğal alanlar arasındaki bağ olarak görmektedir.

Alternatif turizm rotası iki veya daha fazla nokta arasında bulunan ve turizm kaynak oluşturan değerlerin bağlantılılığından oluşan sistem olarak tanımlanabilir. Burada doğal ve kültürel değerleri ile peyzaj çeşitliliği alternatif rota için kaynak sunar. Alternatif turizm rotaları büyük turizm yatırımları gerektirmeden de bir bölgedeki turizm ürününe çeşitlilik katmaktadır.

Turistler için; turistik alanları gezmek, keşfetmek ve orada vakit geçirmek adına bir rehber ve yol haritası niteliği taşıyan turizm rotaları, ekoturizm rotaları gibi günümüzde birçok kavram yaygınlaşmaktadır. Pedrosa et al. (2022), turizm rotaları ile ilgili rota temelli turizm, turizm rotası, turist rotası gibi farklı terminolojiler üzerinde durmuştur. Kültürel izler bağlamında Avrupa Konseyinin kültür rotası, tarihi rotaları projesi ile başlarken, Pedrosa et al. (2022), turizm rotalarını kültürel miras rotası, şarap rotası, gastronomi rotası, Saint James rotası gibi tematik olabileceğini belirtmektedir.

Rotalar, turistler için ulaşım aracı olup doğal ve kültürel turizm değerlerini kontrollü ve bir rehber niteliğinde kullanmalarını sağlamaktadır. Rotanın önemi; eğer organize turlara katılmışlarsa rotadaki güzergahları ve yolları seçme şanslarının olmayışı; tatil programını kendileri hazırlamışlarsa istedikleri rotayı seçme şansına sahip olmalarıdır (Baykal, 2015).

Turizmde sürdürülebilirlik kavramı, turizmin kaynağı olan doğal, tarihi, kültürel, sosyal ve estetik değerlerin korunup geliştirilerek çekiciliklerinin devamının sağlanmasını ifade etmektedir (Demir & Çevirgen, 2006). Sürdürülebilir turizm yeni turizm faaliyetlerinin ve gelişmelerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin yönetimi, turizme kaynak değerlerin korunması ve turizm bölge ve yerel ekonomiye katkısını sağlamayı hedeflemektedir.

Turizm rotalarının temel amacı, her biri tek başına yeterince çekici olmayan turistik değer ve aktiviteleri birbirine bağlamaktır. Böylece sinerjik etki kullanılarak daha güçlü bir turistik çekicilik yaratılabilir, küçük turizm merkezleri kolektif bir şekilde bir turistik destinasyon olarak konumlandırılabilir ve turizmden elde edilen gelirler bölge ekonomisinde yaygın bir etki yaratmaktadır (Meyer, 2004).

Antalya turizm gelirleri, tesis ve özellikle ziyaretçi sayıları bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgesi konumundadır. Turist taleplerindeki değişimler, kıyı turizminin doygunluğa ulaşması, alternatif turizm türlerinin popüleritesinin artması, küresel rekabetin hızlanması gibi gelişmeler Antalya'da turizmin çeşitlendirilmesini (Ortaçesme & Zeğerek, 2017) ve mevcut turizmin alternatifler ile sürdürülebilir bir forma dönüştürülmesini zorunlu kılmaktadır.

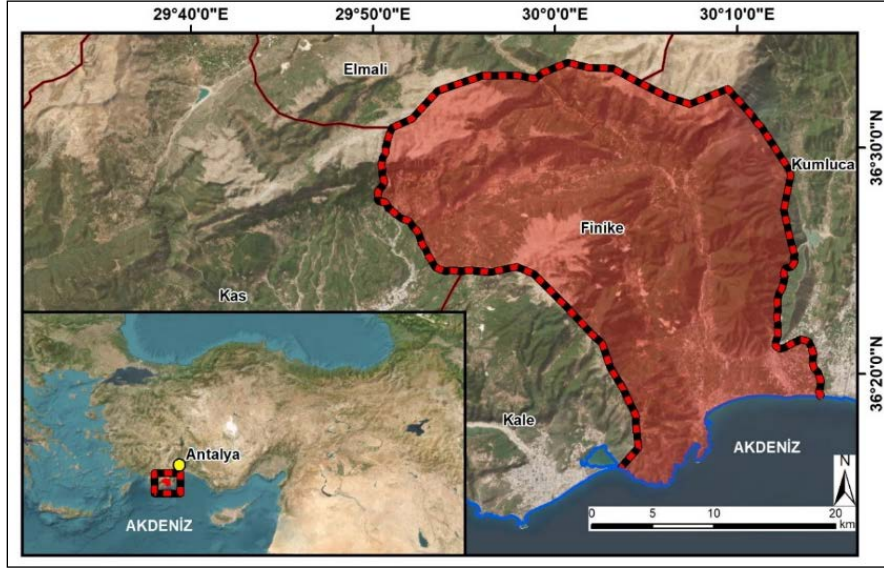
Beşinci yüzyılda Fenikeliler tarafından kurulduğu bilinen ve Antalya'nın güneybatısında yer alan Finike kıyı kayalıkları ve ovalarından, kireçtaşı kayalıkları ile şekillenmiş dağlık ormanlık alanlara ve yaylara kadar yüksek peyzaj çeşitliliğine sahiptir. Yerel halkın geçim kaynağı olan tarımın ön planda olması nedeniyle turizm hareketliliği Kaş, Kemer, Alanya, Manavgat gibi diğer ilçelere kıyasla daha az yoğunluktadır. Bu durum sürdürülebilir turizm ve alternatif turizm kavramlarının bölgede uygulanabilirliği açısından bir fırsat yaratmaktadır. Ancak tüm dünyada yaşanan Covid-19 salgını neticesinde farklı bir arayış içine giren turistler açısından keşfedilmemiş doğal alanlara rağbetin artması, yakın zamanda bu bölgenin de plansız bir şekilde kullanılmaya başlanmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple ekolojik, kültürel ve yerel kaynak değerlerinin zarar görme olasılığını en aza indirecek çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma ile doğal yapısının ve tarımsal kaynaklar açısından kıyı ovasının henüz turizmin yıpratıcı etkisi ile nispeten karşılaşmamış, tarihi, kültürel ve ekolojik açıdan zengin peyzaj değerlerine sahip olan Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek, bölge için alternatif turizm rotaları belirlenmiştir. Burada Finike kent merkezinden başlayarak en uzak mesafelere kadar turizme kaynak oluşturacak doğal ve kültürel değerler tespit edilmiş ve aralarındaki bağlantılılık kurulmuştur. Burada Likya Yolu gibi mevcut rotalar alternatif faaliyetler ile bütünleştirilirken alternatif turizm rotaları bisiklet, yürüyüş, yörük göç yolu olarak temalandırılmıştır. Çalışma sonuçlarının kitle turizmine alternatif olarak görülen doğa ve kültür turizminin rotalar ve bir sistem dahilinde değerlendirilmesi ile Finike bölgesi için sürdürülebilir turizm gelişmelerine temel oluşturması, doğal ve kültürel değerler konusundaki farkındalığın ve korumanın gelişmesine katkı sunması beklenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı olarak Antalya'nın Finike ilçesi seçilmiş olup, çalışmanın materyalini Finike ilçesinin kültürel ve doğal peyzaj özellikleri oluşturmaktadır (Şekil 1). Doğusunda Alakır Çayı ile kuzey ve batı kesimlerinde de Toros Dağları ile iki doğal sınır ile çevrelenmiştir. Finike, denizaltı dağlarının bulunduğu denizi ve marinası, karada sahil kıyı şeridi, özellikle de Demre'ye kadar uzanan koyları, Suluin Mağarası gibi doğal peyzaj değerlerinin yanı sıra, Boldağ, Yatıkardıç, Asarönü Tepesi, Lymra, Kırkgöz Köprü, Arykanda, Arif, Yalnız, Gökbük, Yazır gibi geleneksel kırsal yerleşimleri ile öne çıkmaktadır.

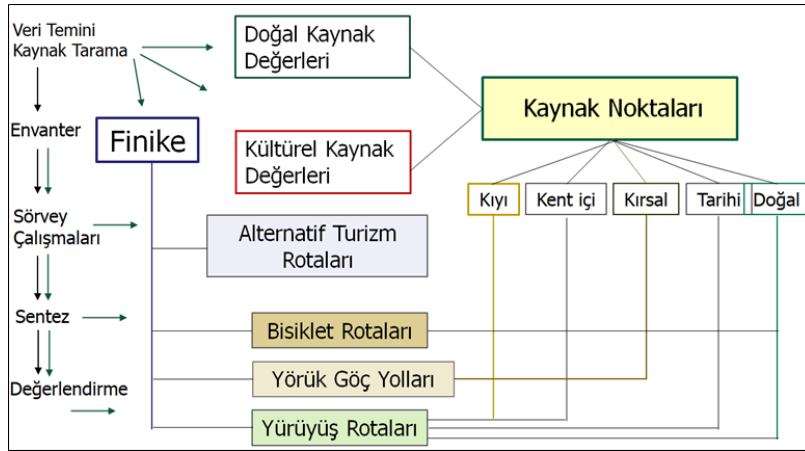
Kaş, Kemer, Alanya, Manavgat gibi diğer ilçelere kıyasla kitle turizmi gelişimi olmaması ve sürdürülebilir turizm ve alternatif turizm kavramlarının uygulanması açısından Finike'nin uygun koşulları sergilemektedir. Akdeniz ile kıyı kesiminden Beydağları'na kadar uzanan tarihi, kültürel ve ekolojik kaynakları, Ördübek ve Oluklu yaylaları, geçmişten günümüze kadar bölgedeki ulaşım ağlarının sağlandığı "Akçay Vadisi" ve bu vadinin etrafını kuşatan verimli tarım arazileri ve kırsal peyzajları ile Finike kitle turizmine alternatif büyük bir potansiyeline sahiptir.



Şekil 1. Araştırma alanı genel konumu.

Figure 1. Location of the research area.

Çalışma yöntemi; veri temini, kaynak tarama, envanter ve arazi, sörvey çalışmaları, sentez ve değerlendirme aşamalarını içermektedir (Şekil 2). Bu kapsamda çalışma konusu ve Finike bölgesi ile ilgili literatür bilgisi ve mevcut çalışmalar incelenmiştir. Burada sayısal veriler ile topoğrafya, toprak yapısı ve hidroloji haritalarının oluşturulması için ArcGIS 10.5 programı kullanılmıştır. İkinci aşamada alternatif turizm rotasına kaynak oluşturacak Finike ilçesi peyzaj değerlerinin envanteri gerçekleştirilmiş, bilgi eksikliği olan doğal ve kültürel peyzaj değerleri için arazi sörveyleri ile yerinde tespitler yapılmıştır. Bu amaçla öne çıkan doğal özellikler, öne çıkan kültürel özellikler, peyzaj – manzara özellikleri, yöreye özgü gelenek – görenekler alt başlıklarından oluşan bir arazi gözlem formu kullanılmıştır. Doğal ve kültürel değerler tanımlanmış, koordinatlandırılmış ve haritaya aktarılmıştır.



Şekil 2. Çalışma yöntemi akış şeması.

Figure 2. Method flow chart.

Doğa Derneği (2006), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2021) ile Finike Belediyesi, Antalya Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Finike Orman İşletme Şefliği'nden alınan verilerle ilçede alternatif turizme konu olabilecek doğal ve kültürel kaynak değerlerini ortaya koymak amacıyla korunan alanlara ait haritalar ile ArcGIS 10.5 programı ile tek bir tabanında birleştirilmiştir.

Mevcut veriler, arazi çalışmaları ve verilerin sentezi ile kıyı, kent iç, kırsal, tarihi ve doğal kaynak noktaları bisiklet, Yörük göç yolları ve yürüyüş rotaları temelinde alternatif turizm rotaları tanımlanmış ve ilçeyle ait doğal ve kültürel peyzaj olanakları ile bağlantıları değerlendirilmiştir.

Bu araştırma sonucunda çalışma alanına giren, alternatif turizm faaliyetleri için potansiyel oluşturan doğal ve kültürel kaynaklar belirlenip değerlendirilmiş ve kaynakların korunarak kullanımı ve tanıtımına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Finike bölgesi doğal kaynak değerleri

Finike kıyından itibaren 3059 metreye kadar ulaşan dağları zengin peyzaj çeşitliliğine, hassas ve benzersiz doğal alanlara, korumaya ihtiyaç duyan tür ve habitatlara sahiptir (Şekil 3). Sulak alanları ve habitatları ile Finike Beymelek kıyı bandı I. Derece Doğal Sit Alanı, Alacadağ ve Çıglıkara Tabiatı Koruma Alanları, Sarıkaya Yaban Hayatı Geliştirme Alanı Finike'deki koruma alanları arasındadır. Karaköse & Terzioğlu (2020), biyolojik çeşitlilik açısından Finike bölgesinde saptanan toplam 523 taksondan 67'i endemik, nadir türlerden oluştuğunu belirtmektedir.

Doğa Derneği tarafından IUCN kriterlerine göre hazırlanan Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları (ÖDA) çalışmasına göre Finike ilçesinin Turunçova ve merkez yerleşim bölgelerinin bir bölümü, Kıbrısçık, Çıglıkara, Beydağları ve Kumluca önemli doğa alanları sınırlarında yer almaktadır. Bu alanlardan Kıbrısçık Likya orkidesinin (*Ophrys lycia*), Likya semenderi (*Lyciasalamandra luschani*), toprak kertenkelesi (*Ophiomorus punctatissimus*), Koçak esmer perisi (*Hyonehele kocaki*), karagözlü mavi kelebek (*Glaucopteryx alexis*), Akdeniz foku (*Monachus monachus*) gibi nesli tehlike altında olan endemik türlere ev sahipliği yapmaktadır.

Finike'yi çevreleyen Beydağları özellikle yırtıcı kuşlar açısından öncelikli bir bölgedir. Kaya Kartalı (*Aquila chrysaetos*), şah kartal (*Aquila heliaca*), sakallı akbaba (*Gypaetos barbatus*) bölgedeki ender kuş türlerindedir. Kıyı kesimi ise deniz kaplumbağası (*Caretta caretta*) için küresel ölçekte önemli bir yuvalama alanıdır (Doğa Derneği, 2006).

Akdeniz ikliminin etkisi altında kalan Finike, Akdeniz bitki topluluğunun yayılma alanındadır. Maki elemanlarının tamamını bölgede görmek mümkündür. Sahilden iç kesimlere doğru genellikle taşlık ve zayıf bir toprak örtüsü bulunması ve geçmişteki ormanların tahripleri nedeniyle makiler geniş yer tutar. Alakır ve Akçay Vadilerinden Avlan Beli'ne kadar yangınlardan ve insan tahribinden korunan alanlarda kızılçam, karaçam ve sedir ormanlarını görmek mümkündür (Karakuş, 2014).

Finike ormanlarında *Pinus brutia*, *Cedrus libani*, *Juniperus excelsa*, *Juniperus foetidissima* taksonları öne çıkmaktadır. Bu taksonlar yükselti ve bakıya bağlı olarak saf veya karışık meşcereler kurmaktadır. Bu hâkim türlere *Acer hyrcanum* subsp. *Sphaerocaryum*, *Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Ostrya carpinifolia* ve *Fraxinus ornus* subsp. *cilicica*, yükseltiye bağlı olarak kızılçamdan Toros sedirine geçiş zonlarında (1000-1100 m) *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* ve *Quercus infectoria* subsp. *veneris* orman yapısına eşlik etmektedir (Karaköse & Terzioğlu, 2020).

Yaban hayatı açısından karakulak (*Caracal caracal*) ve vaşak (*Lynx lynx*) bölgede yaşayan önemli memeli türlerdir. Finike'nin batısındaki kıyı kayalıkları ve mağaraları Akdeniz foku (*Monachus monachus*) için önemli yaşam alanıdır. Bunun yanında Akdeniz biyomuna özgü ve nesli küresel ölçekte tehlike altında olan Likya semenderi (*Lyciasalamandra luschani*), çiftyaşamlı türü ve dar yayılışlı sürüngen olan toprak kertenkelesi (*Ophiomorus punctatissimus*), endemik Koçak esmer perisi (*Hyonehele kocaki*) ile nesli bölgesel ölçekte tehlike altında olan karagözlü mavi kelebek (*Glaucopteryx alexis*) bölgede yaşamaktadır (Doğa Derneği, 2006).

Bölgede alternatif turizmin rotalarının geliştirilmesi ile tespit edilen tüm türlerin tanınması, endemik ve tehlike atındaki türlerin korunması, mevcut yeni türlerin de keşfedilmesi açısından bir imkân oluşturabilecektir.

Finike bölgesi Kültürel kaynak değerleri

Antik Likya bölgesinde yer alan Finike, Fenikeliler tarafından MÖ 5. yüzyılda Phoinikos adıyla kurulmuş, uzun yıllar Likya'nın başkenti Limyra'nın tarım ürünleri ihraç ettiği bir liman ve Fenikelilerin en önemli ticaret merkezlerinden biri olmuştur. Etimolojik olarak Phoinikos "kızıl renkli at" veya "kızıl renkli davar sürüsü" anlamına gelmektedir. Yöredeki hayvan varlığı ile uyum içerisinde olan bu isim (Antalya Valiliği, 2022; Finike Kaymakamlığı, 2024) günümüzde bile bölgedeki kırsal yaşamının özelliklerini yansıtmaktadır.

Tarih boyunca farklı kültürlerle ev sahipliği yapan Finike bölgesi geçmişten günümüze ulaşmış çok sayıda arkeolojik tarihi alanı barındırmaktadır. Kültür ve Turizm Bakanlığı (2021) verilerine göre Finike'de 56 adet arkeolojik sit alanları ve kültür varlığı bulunmaktadır. Bunlar arasında Phanikos, Arykanda, Limyra gibi antik kentleri ve yerleşimleri, kentsel sit alanları, kilise ve sarnıç gibi tarihi yapılar yer almaktadır (Şekil 4).

Diğer yandan Yörük yaşamı yöredeki geleneksel kültürü temsil etmektedir. Yürüyen Türk anlamına da gelen Yörükler sıcak ve kurak geçen yaz aylarında Toroslara çıkmakta, kış aylarını ise ılıman geçen kıyı ovalarında geçirmektedir. Kıyı ve dağlar arasındaki göç yolları üzerinde çok sayıda geleneksel köy yerleşimleri bölgenin özgün kültürel değerleri arasındadır.

Finike, yaklaşık 2500 yıllık bir süreç içerisinde yöre halkı yaşam şartlarına bağlı olarak çeşitli gelenek ve görenekler geliştirmişlerdir. Gerek antik dönem kentleri birbirine bağlayan güzergâhlar üzerindeki konumu gerekse Yörük göçleri, alana ait bir kültürün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kültürel özellikler kullanılan güzergâhlar üzerinde çeşitli şekillerde kendini göstermiştir. Bu durum alternatif turizm rotalarının belirlenmesinde önemli bir rol teşkil etmektedir.

Finike bölgesi alternatif turizme konu kaynak noktaları

Kahraman'a (2019) göre alternatif turizm yerel, sosyo-politik ve ekonomik gerçekliğe daha yakın olmaya çalışılan "yeni" bir turizm kavramını temsil etmektedir. Bu turizm biçimi, turistler ve ev sahibi topluluklar arasında yeni ilişkilerin başlamasına yardımcı olmaktadır. Alternatif turizm kavramı 1950'li yıllarda ortaya çıkan kitle turizmine alternatif olarak oluşturulmuş; ekoturizm, agroturizm, kültür turizmi gibi kendine has özel değerleri sahip turizm türlerini vurgulamaktadır (Delisle & Jolin, 2007; Procházková, 2012).

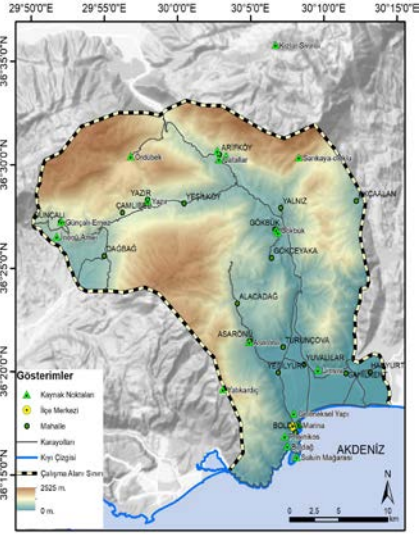
Finike bölgesi alternatif turizm rotalarının analizinde; kıydan itibaren sahil, koylar, marina, tarihi kent dokusu, kıyı gerisi tarım alanları, geleneksel kırsal yerleşimler, doğal ormanlar, anıt niteliğindeki ilginç yapılar, tarihi ve arkeolojik alanlar ve yapılar, bölgenin kültür tarihinde önemli yer tutmuş ve bugün hala önemini koruyan ziyaret noktaları, doğal bitki örtüsünün ilginç yapı sergilediği alanlar yerinde incelenmiştir (Şekil 3 & 4).

İncelemeler sonucunda Finike ilçesinde 19 farklı kaynak noktası belirlenmiş ve bu kaynak noktaları niteliklerine göre kıyı, kent içi, kırsal, tarihi-arkeolojik, doğal olarak belirtilmiştir (Çizelge 1). Bazı kaynak noktaları birden çok niteliğe sahiptir. Örneğin; Marina, hem kıyı hem de kent yerleşiminin içinde bulunan bir alandır, aynı zamanda tarihi niteliği olan bir marinadır. Sahil ve koylar konum olarak kıyı niteliğinde olup aynı zamanda bazı koylar doğal ve arkeolojik koruma alanları içerisinde kalmaktadır (Şekil 4). Ayrıca kıyı koruma bandında yer almaktadırlar. Suluin Mağarası kıyı şeridinde bulunan, çok bilinmeyen, arkeolojik ve doğal değeri olan, keşfedilmeye açık özgün bir yapıya sahiptir.

Çizelge 1. Kaynak noktaları nitelikleri

Table 1. Source point characteristics

Kaynak Noktaları	Kıyı	Kent içi	Kırsal	Tarihi-Arkeolojik	Doğal
Tarihi Sokaklar-Phonikos		X		X	
Marina	X	X		X	
Sahil ve Koyları	X			X	X
Suluin	X			X	X
Boldağ			X	X	X
Yatıkardıç			X		X
Asarönü			X	X	X
Narenciye Bahçeleri		X	X		
Limyra			X	X	X
Gökbük Kanyon			X		X
Gökbük Merkez			X	X	X
Arif-Arykanda			X	X	X
Yazır			X	X	X
Ördübek			X		X
Ernez-Günçalı			X	X	X
Yalnız (Sarıkaya- Oluklu)			X		X
Kızlar Sivrisi			X		X
Alacadağ			X		X
Çiğlıkara			X		X



Şekil 3. Finike doğal peyzaj değerleri: Gökbük Kanyonu (a), Barbaros Hayrettin Koyu (Finike Belediyesi 2022) (b), Mağara sualtı dalış (Finike Kaymakamlığı, 2024) (c).

Figure 3. Finike natural landscape values: Gökbük Canyon (a), Barbaros Hayrettin Bay (Finike Municipality 2022) (b), Cave underwater diving (Finike District Governorship, 2022) (c).



Şekil 4. Finike kültürel peyzaj değerleri: Finike tarihi doku (a), Asarönü (b), Limyra (c).

Figure 4. Finike cultural landscape values: Finike historical texture (a), Asarönü (b), Limyra (c).

Turizm seyahat, konaklama, yeme içmenin yanı sıra eğlence ve dinlenme faaliyetlerine dayalı bir üründür. Söz konusu faaliyetler turizm ürününü çeşitlendirmekte, turizm peyzajının keşfine imkân vermektedir. Alternatif turizm rotaları aynı zamanda alternatif faaliyetleri de içerir ve turizmi tek bir zaman dilimi ve mekân tanımının ötesine taşır.

Finike bölgesi için tanımlanan her bir kaynak noktası yüzme, dalış, yürüyüş gibi karaya ve suya bağlı rekreasyonel faaliyetlerin yanı sıra yerel ürün işleme atölyeleri, üzüm ve incir gibi tarım ürünlerinin hasadı, adaçayı ve kekik gibi doğada bulunan tıbbi-aromatik bitkilerin toplanması, tarihi – arkeolojik alanların ziyareti gibi çok geniş bir yelpazede ele alınmıştır (Çizelge 2). Söz konusu turistik ve rekreasyonel faaliyetlerin yıl boyunca ve bölgenin farklı kesimlerinde yapılma imkânı sürdürülebilir turizmin bileşenleri arasında da yer almaktadır.

Çizelge 2. Kaynak noktaları ve yapılabilecek turistik ve rekreasyonel faaliyetler

Table 2. Resource points and possible touristic and recreational activities

Kaynak Nokta	Etkinlikler
Tarihi Sokaklar-Phoenikos	Tarihi ve antik geziler, bölgenin tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, restore çalışmalarına katılma, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, dönem dönem gerçekleştirilen ve geliştirilebilecek olan müzik, resim, tiyatro, söyleşi, dinleti gibi kültürel faaliyetlere katılma, antik kentin üst noktasından kentin kuşbaşı seyri.
Marina	Yüzme, mendirekte olta ile balık tutma, tekne ile balık tutma, fotoğraf çekme, yürüyüş, su altı dalışları, yüzme, diğer su sporları, tekne gezisi, konser, açık hava tiyatrosu, resim, müzik gibi kültürel faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme.
Sahil ve Koyları	Yüzme, su altı dalışları, yelken, parasailing vb. su sporları, balık tutma, deniz kaplumbağası gözlem ve koruma faaliyetlerine katılma, kamp yapma, sahilde yürüyüş, koşu, jimnastik, sahildeki işletmelerde gerçekleştirilebilecek kültürel faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme
Suluin	Sualtı dalışları, yüzme, mağara gözlemi, doğal bitki örtüsü gözlemi, fotoğraf çekme, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, doğa yürüyüşü, manzara seyretme
Boldağ	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, çoban hayatını gözlemleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, bisiklet, enduro, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, harnup toplama, harnuptan ürün elde etme (pekmez, keçi boynuzu tozu vb), menengiç toplama ve menengiçten ürün elde etme, doğal ve endemik bitki gözlemi ve keşfi, ekoturizm ve agroturizm.

Çizelge 2. Devamı

Table 2. Continued

Kaynak Nokta	Etkinlikler
Yatıkardıç	Fotoğraf çekme, yayla turizmi, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, sedir banyosu, ağaç işleri yapım faaliyeti (kaval-kaşık).
Asarönü	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, bisiklet, enduro, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, endemik bitki ve yaban hayvanlarını gözlemleme.
Narenciye Bahçeleri	Çiftçilik üzerine eğitim ve uygulama faaliyetleri, hasat çalışmalarına katılım, meyvelerden yan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri (reçel, marmelat, lokum, kuru meyve, esans, meyve suyu) çiçeklenme dönemi portakal çiçeği kokusu deneyimleme, fotoğraf çekme,
Limyra	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, manevi ziyaret, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, alpinizm, tepe noktasından Finike İlçesi'ne geniş ve kuşbakışı gözlem.
Gökbük Kanyon	Doğa yürüyüşü, tırmanma, kano, yüzme, tırmanma, yamaç paraşütü, balık tutma, kamp, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan gözlemi
Gökbük Merkez	Yürüyüş, bisiklet, enduro, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, nar hasatı, nardan yan ürün elde etme faaliyetleri atölyeleri (nar suyu, nar ekşisi, reçel, lokum, marmelat, nar kabuğu kurusu), ağaçtan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri, bez bebek yapım atölyeleri, yerel şenliklere katılma, yüzme, kano, kamp, resim, müzik, tiyatro gibi faaliyetlere katılma, fotoğraf çekme, manzara seyretme, açık hava sineması, gökyüzü gözlem faaliyeti.
Arif-Arykanda	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, alpinizm, tırmanma, su kenarı köylü pazarı kar suyu alanını deneyimleme.
Yazır	Yürüyüş, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, üzüm ve incir hasatı, üzüm ve incirden yan ürün elde etme faaliyetleri-atölyeleri (üzüm suyu, pekmez, üzüm kurusu, incir kurusu, incir reçeli), yerel şenliklere katılma, restorasyon çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme. Ekoturizm, agroturizm, yayla turizmi.
Ördübek	Doğa yürüyüşü, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, yayla ve kış turizmi.
Ernez-Günçalı	Tarihi ve antik geziler, arkeolojik kazı çalışmalarına katılma, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, alanın tarihine yönelik araştırma yapma ve bilgi toplama, kamp yapma, yürüyüş, öğrenme ve keşfetme faaliyetleri, arıcılık ve bal üretim süreçlerini öğrenme ve deneyimleme, mağaraları inceleme, mağara turizmi, yayla turizmi, ekoturizm, agroturizm.
Yalnız (Sarıkaya-Oluklu)	Doğa yürüyüşü, bisiklet, yerel kültürel yaşamı keşfetme ve deneyimleme, fotoğraf çekme, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, besleme, koruma faaliyetleri, yayla ve kış turizmi.
Kızlar Sivrisi	Doğa yürüyüşü, alpinizm, manzara seyretme, kamp, yörük göçü güzergahını yürüme ve yörük kültürünü keşfedip deneyimleme, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, besleme, koruma faaliyetleri, yayla ve kış turizmi.
Alacadağ	Doğa yürüyüşü, bisiklet, manzara seyretme, kamp, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, manevi ziyaret (Eroğlu Nuri Türbesi), tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme.
Çıglıkara	Doğa yürüyüşü, bisiklet, manzara seyretme, kamp, fotoğraf çekme, doğa-manzara deneyimleme, doğa koruma ve farkındalık faaliyetleri, tıbbi aromatik ve şifalı bitki toplama, anıt, endemik ve doğal bitki ve yabani hayvan türlerini gözlemleme, yayla ve kış turizmi.

Finike bölgesi alternatif rotaları

Bisiklet rotaları

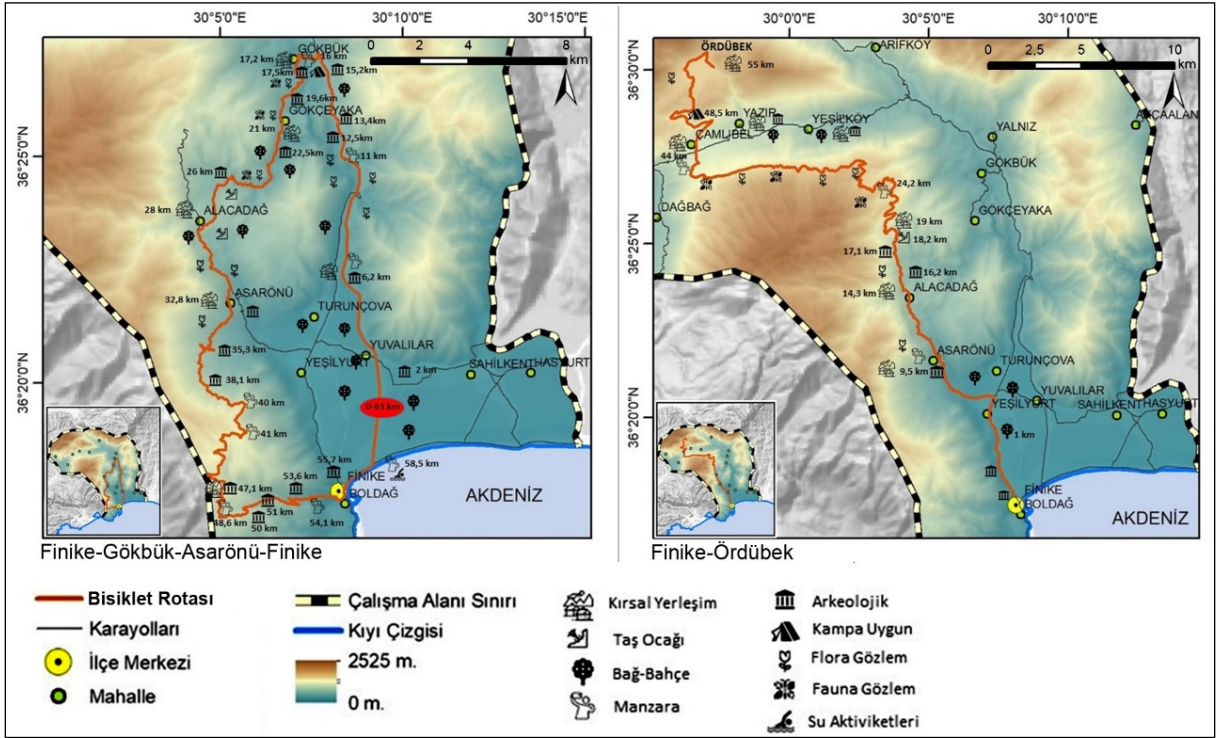
Farklı zorluk derecelerinde olmakla birlikte bisiklet rotaları Finike bölgesi ve çevresinde dağ bisikleti ile doğa keşfi yapan grup ve kişilerin önerdiği rotalar üzerinden geliştirilmiş, güzergâh üzerindeki ve çevresindeki doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile ilişkilendirilerek yeniden düzenlenmiştir. Asarönü ve Finike-Ördübek bisiklet rotaları (Şekil 6) Finike için oluşturulan iki önemli rotayı temsil etmektedir.

Finike-Gökbük-Asarönü rotası

Finike merkezden başlayan, Yuvalı mevkiinden, Finike-Elmalı kara yolu üzerinde Gökbük Mahallesi'ne dönen, Gökbük merkezden sırasıyla Gökçeyaka, Alacadağ, Asarönü, Boldağ duraklarını geçen rota Finike sahilinin bir kısmından geçerek başlangıç noktasına dönüş yapan (Şekil 5) rota, güzergahı üzerinde çok sayıda tarihi, kültürel ve doğal peyzaj değerlerinin de ziyaretine imkan vermektedir.

Finike-Ördübek rotası

Finike merkezden Ördübek yaylasına toplam 54 km uzunluğundaki rota; kentsel, kırsal, arkeolojik ve doğal dokuyu tanımayı sağlayacak noktalardan geçmektedir. Şekil 5'de rotanın geçtiği noktalar belirtilmiştir. Rota üzerinde kırsal yerleşimler, flora-fauna gözlem noktaları, arkeolojik alanlar bulunmaktadır. Ayrıca su aktivitelerine ve kampçılığa olanak sağlayan alanlar barındırmaktadır.



Şekil 5. Bisiklet Rotası; Finike-Gökbük-Asarönü-Finike, Finike-Ördübek.

Figure 5. Bicycle Route; Finike-Gökbük-Asarönü-Finike, Finike-Ördübek.

Yörük göçü rotaları

Coğrafik açıdan Teke Yöresi içerisinde yer almakta, Finike'de yörük yaşamı öne çıkmaktadır. Ekşi & Akdağ'a (2017) göre bölgedeki yerleşim yapısı 13. Yüzyıldan günümüze kadar Yörük kültürü ile şekillenmiştir. Sarı & Ertürk (2017) Yörüklerin sahil, güzle ve yayla arasında gerçekleşen mevsimlik göçleri sırasında kullandıkları yolların bir kısmı günümüzde de aktif olarak kullanıldığını belirtmektedir.

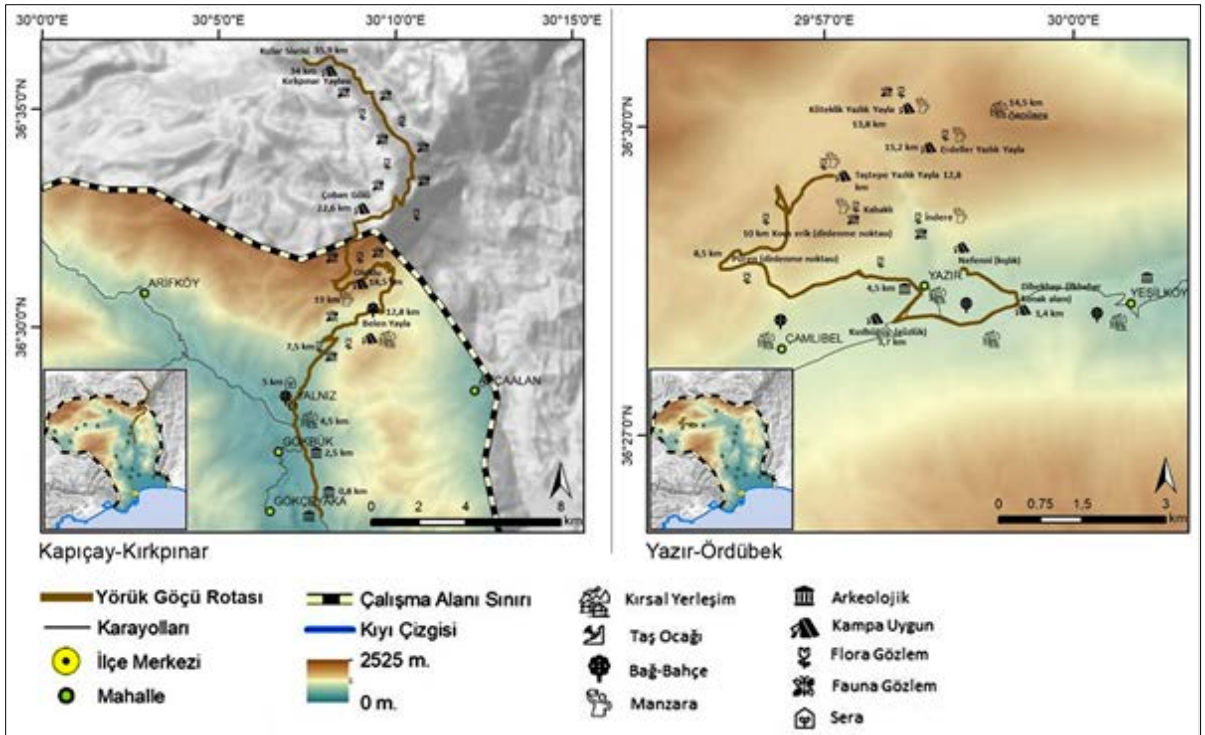
Finike yerel halkının geçmişteki yaşam tarzını temsil eden konar göçerliğin tüm yıla yayılan bir sirkülasyonu vardır. Finike yörüklerinin geçmişte göç ettikleri noktalar ve güzergâhlar tespit edilerek bu güzergâhlar ve alanlar alternatif turizm için bir seçenek olarak önerilmiştir. Bu rotalar güneybirlik yürüyüşlerle tamamlanabileceği gibi önerilen noktalarda yapılacak kamplarla 3 gün ve üzeri günlerde de yapılabilir. Yörük göçü rotaları için Kapiçay-Kırkpınar ve Yazır-Ördübek (Şekil 6) olmak üzere iki farklı güzergâh belirlenmiştir.

Kapiçay-Kırkpınar Yaylası rotası

Sahilde Kapiçay mevkiinde kışı geçiren, özellikle çobanlık yapan Finike'liler nisan ayında Kudret Gölü'ne çıkarlar, bahar mevsimini burada geçirirler. Hayvanlarını Kırkpınar Yaylası'na ve Kızlar Sivrisi'ne çıkararak otlatırlar. Yaz sonuna doğru Oluklu Yaylası'na gelirler, yazı burada geçirirler. Güz mevsiminde de Belen Yaylası'na inerler. Aralık ayında tekrar sahile inerler. İdari sınırların da ötesine geçen göç rotaları güzergâhları üzerinde su kaynakları, konaklamaya uygun düzlükler gibi (Şekil 6) önemli durak noktalarını içermektedir.

Yazır-Ördübek Yaylası rotası

Yazırlı çobanlar kış dönemini yukarı Nefenni ismi ile anılan yüksek ama korunaklı noktada geçirirler, baharda ve güzün Dibekbaşı ya da Kızbüğüş mevkiinde dönüşümlü olarak obalarını kurarlar. Hangisinde tarlalara ekim yapıldıysa çobanlar diğer güzlük ya da baharlık mevkiide konaklarlar. Mayıs sonu ördübek yaylasına göçülür ve burada 3 ayrı noktada ekin durumuna göre her yıl dönüşümlü konaklarlar. Köteklik, Taştepe ve Erdeller konakladıkları yazlık yayla noktalarıdır. Yol boyunca vadi yamacından gidilir. Mevkiilere yakın İndere, püren, yukarı ve aşağı malgaca su kaynakları vardır. Ayrıca yayladaki tepelerde adaçayı, nane çayı, elma çayı(çalbağ) gibi tıbbi-aromatik bitkiler bulunur. Küçükbaş hayvanları otlatmak için köteklik mevkiinin üst sırtlarındaki kırlara çıkarırlar. Pınarların çiçeklendiği haziran ayında kabaklı bölgesinde otlatırlar.



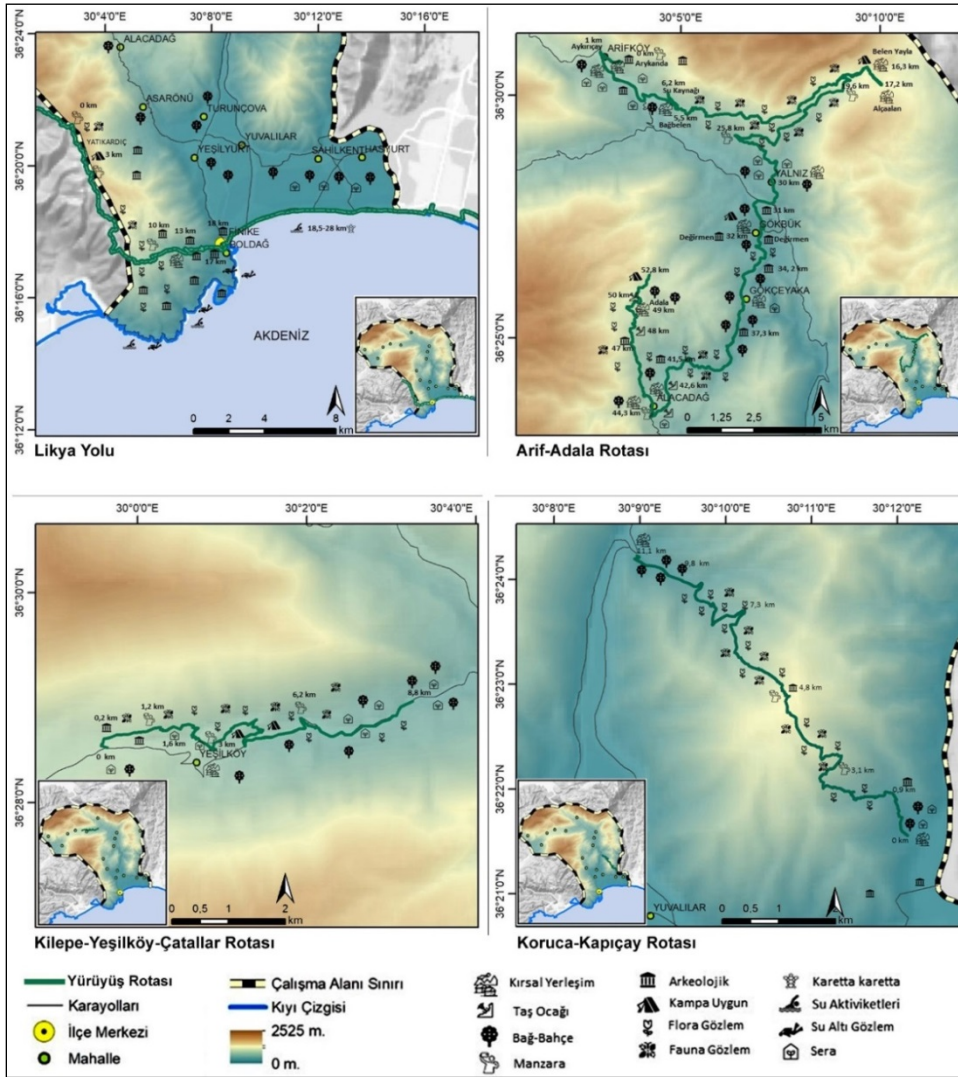
Şekil 6. Yörük Göçü Rotası; Kapiçay-Kırkpınar, Yazır-Ördübek.

Figure 6. Nomad Migration Route; Kapiçay-Kırkpınar, Yazır-Ördübek.

Yürüyüş rotaları

Yürüyüş doğa içinde en çok tercih edilen rekreasyon şeklidir. Bu kapsamda yürüyüşe esas güzergahın kullanıcıya uygun işaretlenmesi ve tanımlı bir hat üzerinden tasarlanması çevresel etkilerin kontrolünü mümkün kılacak, kaybolma riskini ortadan kaldıracaktır.

Finike antik Likya bölgesi içinde yer almaktadır. Işıklar ülkesi olarak bilinen Likya, kıyından dağlık kesimlere kadar uzanan çok sayıda uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Antik dönemden günümüze ulaşmış ve uluslararası bilinirliğe sahip Likya Yolu, Finike için alternatif turizm gelişim rotalarına esas oluşturmuştur. Likya Yolu'nun yanısıra 8 tane daha yürüyüş rotası belirlenmiş (toplam 9 rota), bunlardan en önemli olduğu düşünülen 4 tanesi çalışmada değerlendirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Yürüyüş Rotası; Likya Yolu , Arif-Adala Rotası, Kilepe – Yeşilköy-Çatallar Rotası, Koruca-Kapıçay Rotası.

Figure 7. Trekking Route; Lycian Way, Arif-Adala Route, Kilepe-Yeşilköy-Çatallar Route, Koruca-Kapıçay Route.

Likya Yolu

Farklı güzergahlar oluşan Tarihi Likya Yolunun 29,2 km'lik bölümü Finike ilçe sınırlarından geçmektedir. Demre tarafından başlatıldığında Demre ile Finike sınırında 9 km'ye kadar da Demre-Finike

sınırında ilerlemektedir. Likya Yolu güzergahı sırasıyla Yatıkardıç, Boldağ, sahil bandı, şehir merkezi, sahil şeridinden geçerek Kumluca ilçe sınırına ulaşmaktadır (Şekil 7). Kaynak noktaları açısından Likya Yolu yürüyüş rotası Sahil, Boldağ ve Yatıkardıç duraklarından geçmektedir.

Arif-Adala Rotası

Finike-Elmalı karayolunun 30. km'sindeki Arif Mahallesi'nde bulunan Arykanda Antik Kenti'nden başlayıp Alacadağ Adala mevkiinde son bulan 52,8 km'lik bir rotadır (Şekil 7). Alacadağ mevkisinde tüm ovaya hakim panoramik manzaralar vardır ancak bölgedeki taşocakları doğal dokuyu bozmaktadır. Belen Yayla, Gökbük ve Adala merkez ve/veya çevrelerinde kamp yapmak için uygun alanlar mevcuttur. Yürüyüş güzergahı boyunca karşılaşılan nar bahçeleri, seralar, flora, fauna, antik kalıntılar ve yerleşimler, kırsal yaşam deneyimleri alternatif turizm için nitelikli bir ürün yelpazesi sunmaktadır.

Kilepe–Yeşilköy-Çatallar Rotası

Yeşilköy Mahallesi'nin kuzey yamacındaki rota Kilepe bölgesini deneyimleme imkanı sunmaktadır (Şekil 7). Eski Elmalı-Kaş yolu üzerindeki bu rota tarihi kalıntıları doğal yapısı, kırsal yaşam niteliği ve Yeşilköy'e bakan arkasında dağ silüeti ile köy manzarasına hakimdir. Rota üzerinde flora ve fauna gözlemi, kamp, panoramik manzaralar gibi alternatifler mevcuttur. Çatallar mevkiine ulaşıncaya alabalık yetiştirme çiftlikleri görülebilir. Eski Elmalı – Finike yolunun yeni güzergaha taşınması ile nispeten ıssız bir hal alan Çatallar merkezi alternatif turizm çalışmaları ile hareketlendirilip canlı dokusuna tekrar kavuşturulabilir.

Koruca-Kapıçay Rotası

Rota, Sahilkent Mahallesi'nin Kumluca Salur Mahallesi sınırındaki Koruca mevkiinden başlayıp Yalnız Mahallesi Kapıçay Mevkii'nde sonlanmaktadır (Şekil 7). Kumluca Alakır Çayı yatağının yakınındaki Koruca mevkiinden, Turunçova-Elmalı yoluna geçişi sağlayan sert bir parkurdur. Başlangıç noktası Limyra Antik Kenti'ne ve Tarihi Roma Yapısı olan Kırkgöz Köprü'süne yakındır. Yaklaşık 1200 m çıkıştan sonra 700 m iniş yapılır. Çobanların rehberliğinde yürünebilmektedir. Özellikle inişte çok dikenli sarmaşıklar, böğürtlenler yolları patikaları kapatmış durumdadır. Yol boyunca hiç su kaynağı bulunmamaktadır. Yolun başlangıç ve bitişi kırsal yerleşimdir, narenciye bahçeleri ve seralar vardır. Çıkıştan sonraki 1 km içinde sağ kanatta arkeolojik alan mevcuttur. 5. km'de zirveye ulaşılır ve bu nokta ve çevresi arkeolojik sit alanıdır. Manzarası tüm Finike ve Kumluca Ovasına ve Finike Körfezine hakimdir. Yol boyunca maki bitki türlerinin çeşitlerini görmek mümkündür.

TARTIŞMA

Büyük ziyaretçi grupları ile gerçekleştirilen kitle turizminin doğal çevre üzerinde yıkıcı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bugün gelinen noktada Akdeniz turizmindeki en acil konu olumsuz etkileri azaltmak ve sürdürülebilir gelişme hedeflerine ulaşılması (European Union, 2019) olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde 1970'li yıllarda kitle turizmi ile başlayan ve 2000'li yıllarda turizmin çeşitlendirilmesi adı altında çoklu yönleriyle gelişen kitleye dönüşen bir turizm sektörü vardır (Ortaçesme & Zeğerek, 2017). Fakat bugün kitle turizminin tekrar eden projeler ile devam ettiği gerçeği dikkate alındığında, turizmi sürdürülebilir kılabilecek acil çözümlere ihtiyaç vardır. Bu çözümlerde yerel kimliğin, doğal ve kültürel miras niteliği taşıyan peyzaj çeşitliğinin göz önüne alınması, paydaş katılımı ve iş birliğinin sağlanması ve uygulanan turizm aktivitelerinin yerel ölçekte ekonomik, sosyal ve çevresel gelişime katkıda bulunması gibi konular öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir turizm doğal kaynakların, kültürel mirasın ve yöre kültürünün korunmasına ve yerel ekonomilerin desteklenmesine dayanmaktadır. Bu bağlamda alternatif turizm rotaları yerel sanatlar, yerel lezzetler, tarihi alanlar, doğa parçaları, geleneksel yaşam, sanatsal öğeler gibi çoklu değerleri bir hat üzerinde buluşturması ile tatil deneyimini zenginleştirdiği gibi yerel ekonomilere önemli katkı sağlaması ile sürdürülebilir turizmin önemli bir aracıdır.

Avrupa Birliği'nin Akdeniz turizminin sürdürülebilir gelişimi (European Union, 2019) için öngördüğü çözümlerden biri de turizm hareketlerine zaman ve mekan düzenlemesi getirilmesidir. Bu bağlamda alternatif turizm rotaları yeni bir destinasyon gelişimi olmadan turizmdeki mevcut talebin ve ziyaretçilerin yıl içinde kıyı, kent, kent çevresi, uzak doğal ve kırsal alanlardaki doğal ve kültürel turizm kaynaklarına erişimine imkan vermektedir. Amaç turizmi sürdürülebilir bir forma dönüştürmede uygun planlama araçlarına ihtiyaç olup, alternatif turizm rotalarının doğru bir planlanması önem taşımaktadır.

Günümüzde turistler, standart turları terk ederek daha kişiselleştirilmiş seçeneklere yönelmektedirler (Rodriguez et.al., 2012). Bununla birlikte turizm güzergahı planlama ve geliştirme konusunda araştırma eksikliği bulunmaktadır (Antonson & Jacobsen, 2014). Bu bağlamda Güney Antalya bölgesinde yaygın olan kitle turizminin dışında özellikle kıyı ve kültür turizmi potansiyellerinin öne çıktığı Finike'de mevcut turizm faaliyetlerinin yanında özellikle bu faaliyetlerin bir rota çerçevesinden ele alınması ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışmada Antalya, Finike bölgesi örneğinde doğal ve kültürel kaynak değerlerinin tespit edilerek, alternatif turizm rotaları tanımlanmıştır. Antalya'da 50 yıldan beri süregelen turizm altyapısı potansiyel ziyaretçilerin konaklamasına imkân sağlarken, Finike alternatif turizm rotaları bölgede kıyıda yoğunlaşmış kitle turizmine çoklu alternatif sunacak niteliktedir.

Henüz turizmin yıpratıcı etkisi ile karşılaşmamış olan bu küçük ve sakin ilçe olan Finike yeni ve sürdürülebilir turizm potansiyelleri açısından ele alınmıştır. Burada amaç kitle turizmini ilçeye taşımak değil, zaten bölgede var olan yabancı ve yerli ziyaretçilere ve aynı zamanda yöre halkına doğal ve kültürel peyzaj değerlerini tanımlarına ve deneyimlemelerine imkan vermek, yöre ekonomisine katkıda bulunmaktır.

Turizm rotasının sınıflandırılması önemlidir (Pedrosa et al., 2022). Burada yerel, bölgesel gibi fiziksel ölçek, kıyasal, karasal gibi coğrafik ölçek kadar gıda, yerel ürünler ile rotanın temalandırılması turizm ürününün çeşitlendirilmesi anlamında gereklidir. Bu kapsamda Finike ilçesinde bilinen ve mevcutları yanı sıra turizme kaynak oluşturacak potansiyel doğal ve doğal değerler arazi çalışmaları ile yerinde tespit edilerek bir envantere dönüştürülmüş; her bir kaynak değeri kıyı, kent içi, kırsal arkeolojik ve doğal olma durumlarına göre kaynak noktalarının tanımlanmıştır. Her bir kaynak noktası aynı zamanda istasyon niteliğinde olup, her bir istasyonda hangi turistik ve rekreasyonel faaliyetlerin yapılabileceği araştırılmıştır. Son olarak da alternatif turizm rotaları bisiklet, yürük göç yolları ve yürüyüş yolları olarak temalandırılarak farklı etapları ile haritalandırılmıştır.

Bisiklet rotalarının oluşturulmasında bölgede faaliyet gösteren bisiklet kulüpleri ve bisiklet keşifleri yapan grup ve kişilerin önerileri dikkate alınmıştır. Çoğu yerde mevcut ulaşım güzergahı ile örtüşen bisiklet rotaları doğal ve kültürel kaynak değerlerinin de ziyaretini mümkün kılacak şekilde düzenlenmiştir.

Sarı & Ertürk (2017) Finike'nin yer aldığı batı Toroslarda yürük göç yollarının araştırılması gereken önemli kültürel değerlerden biri olduğunu belirtmiştir. Finike için Kapıçay-Kırkpınar ve Yazır-Ördübek ile iki güzergahta tanımlanan Yörük göç yolları geçmişten günümüze taşınmış ve peyzaja ve bölgenin coğrafik özellikleri ile şekillenmiş gelenekleri içermektedir. Yaylak ve kışlak yerleşim yerleri arasındaki ulaşım dayanan Yörük göç yolları doğal ve kültürel değerleri içermesinin ötesinde su kaynakları gibi Yörük yaşamında referans alınan geleneksel bilgi yansıtmaktadır. Bu rotalar sayıları azalmış olsa da hala Yörük toplulukları tarafından aktif olarak kullanılmaktadır.

Likya Yolu, Türkiye'nin güneyinde, Fethiye'den Antalya'ya giden, 540 km'lik, yürümesi ortalama 29 gün süren işaretlenmiş bir yürüyüş rotasıdır. Rota, genel olarak Roma yolları, eski patikalar ve katır yollarından oluşmaktadır (Türkiye Kültür Rotaları Derneği, 2022). Türkiye'nin ilk uzun mesafeli yürüyüş rotası olan ve bir bölümü Finike'de bulunan Likya Yol alternatif turizme yönelik oluşturulan yürüyüş rotaları için temel alınarak doğal ve kültürel peyzaj kaynakları ile ilişkilendirilmiştir.

Bu kapsamda Finike için alternatif turizm rotalarına hizmet sunacak kaynak noktaları tespit edilmiş, her bir noktadaki mevcut ve potansiyel turizm ve rekreasyonel faaliyetlere açıklık getirilmiştir. Bölgedeki temel geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olduğu gerçeğinden ola çıkıldığında, bu durum bölgede alternatif

turizmin alt dalları olarak görülen ekoturizm ve agroturizm türlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Civelek vd. (2014) agro-turizmin yerel halka sağladığı istihdam ve ekonomik çeşitlilik agro-turizmin kırsal kalkınma aracı olduğunu vurgulamaktadır. Bu çalışmada da Finike ilçesinde belirlenen kaynak noktaları ve alternatif turizm rotalarının agro-turizm açısından da değerlendirilmesi öngörülmüş ve agroturizm ile ilişkili olabilecek tarımsal ve kırsal yerleşim alanları rotalara dahil edilmiştir.

Halaç & Benzer (2019) değişen turizm algısıyla beraber büyük ölçekli kentlere olan ilginin günden güne küçük ölçekli kentlere doğru geçişin söz konusu olduğunu belirtmişlerdi. Bu anlamda Finike gibi bölgenin kendine özgü özelliklerini koruyan turizm yaklaşımları kültür rotalarının oluşturulmasında önemlidir. Rotalar oluşturulurken doğal ve kültürel mirasın özellikli noktalarının tespiti öne çıkar. Bu çalışma alanındaki alternatif turizme konu olabilecek durak noktaları; manzara, kültürel doku, tarihi yapı-alan, ilginç doğal oluşum (mağara-bitki dokusu-anıt, endemik bitki, frigana), geleneksel yerleşim, agro-kültür alanlar gibi özellikleri bakımından sınıflandırılmıştır ve bu sınıflamalar hazırlanan rotalardaki durak noktalarında belirtilmiştir.

Anuar & Marzuki (2022) turizm rotalarının turizm destinasyonlarının gelişiminde büyük potansiyeller sunduğunu savunmaktadır. Tek yön bir turizm rotası destinasyon seçimi ile başlarken (Qi & Wang, 2022) destinasyon içindeki farklı rotalar turizmdeki alternatifleri ortaya koymaktadır. Antalya benzersiz doğal, tarihi ve kültürel zenginlikleri ile Türkiye'nin en önemli turizm merkezlerinden biridir. Bölgede turizm faaliyetleri büyük ölçüde kıyı kesiminde ve kitle turizm destinasyonlarına dayanmaktadır. Bu bağlamda Finike alternatif turizm rotaları ile Antalya bölgesindeki tek yönlü destinasyon seçimine çoklu alternatifler sunmaktadır.

Finike ilçesinin potansiyelleri de göz önünde bulundurulduğunda, günümüzde değişen turizm anlayışına uyum sağlanması, turizmin dört mevsime yayılabilmesi ve sürdürülebilir turizmin gerçekleştirilebilmesi için alternatif turizm olanaklarının ortaya konulması ve buna bağlı turizm stratejileri belirleyerek planlanması gerekliliği açıkça görülmektedir. Yapılan bu çalışma ile Finike'nin doğal ve kültürel peyzaj kaynakları incelenmiş, Finike için uygun olabilecek alternatif turizm türleri belirlenmiş ve kaynakların hızla tükendiği göz önünde bulundurularak, alternatif turizme yönelik rotalar ortaya konulmuştur.

Turizme uygun alanlarda kaynakların korunarak kullanılabilmesi için sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde çözümler üretilmesinin gerekliliği ortak kanıdır. Bu süreç yerel kimliğin, doğal ve kültürel miras niteliği taşıyan peyzaj çeşitliliğinin bu çözümlere dahil edilmesi, paydaş katılımıcılığın ve iş birliğinin sağlanması ve uygulanan turizm aktivitelerinin yerel ölçekte sosyal ve ekonomik gelişime katkıda bulunması gibi amaçları da kapsmalıdır.

Bu çalışma ile Finike ilçesinin, doğal ve kültürel peyzaj değerleri bir bütün olarak ele alındığında, tüm yıla yayılabilecek çok önemli bir alternatif turizm potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Yöre halkının ekonomik anlamda kalkınmasına yardımcı olabilecek bu potansiyel, alan yönetim planlaması çerçevesinde, koruyarak kullanma ilkesi temel alınarak değerlendirilmelidir.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

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 Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Antalya Valiliği, 2022. Finike. Antalya Valiliği. (Web Sayfası: <http://www.antalya.gov.tr/finike>) (Erişim tarihi: 11.11.2022).
- Antonson, H. & J.Kr.S. Jakobsen, 2014. Tourism development strategy or just brown signage? Comparing road administration policies and designation procedures for official tourism routes in two Scandinavian countries. *Land Use Policy*, 36: 342-350. (<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.003>)
- Anuar, M.A.K. & A. Marzuki, 2022. Critical elements in determining tourism routes: a systematic literature review. *Geografie*, 127 (4): 319-340. (<https://doi.org/10.37040/geografie.2022.010>).
- Atik, M., 2003. Güney Antalya Bölgesindeki Gelişmelerin Doğal Çevre Üzerine Etkileri ve Sürdürülebilir Turizm Olanakları. Çukurova Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora tezi, Adana, 296 s.
- Baykal, F., 2015. Uluslararası turizm ulaştırmasının akış yönü ve dağılım dokusu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24 (2): 57-68.
- Civelek, C., T. Dalgın & H. Çeken, 2014. Agro-turizm ve kırsal kalkına ilişkisi: Muğla yöresindeki agro-turizm alanlarında bir araştırma. *Turizm Akademik Dergisi*, 1 (1): 15-28.
- Cruz, S.P., C.R. De Almeida, P. Pintasilgo & R. Raimundo, 2022. Sustainable drive tourism routes: a systematic literature review. *Social Sciences* 11 (11): 510. (<https://doi.org/10.3390/socsci11110510>)
- Çelik Çanga, A. & D. Şenay, 2023. Opportunities of using rural areas for recreational purposes: The case of the Karacabey District, Bursa Province. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 60: 1-17. (<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1182317>).
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. Antalya İli, Finike İlçesi, Fuar, Panayır ve Festival Alanı Amaçlı Uygulama İmar Planı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (Web Sayfası: https://webdosya.csb.gov.tr/db/antalya/duyurular/5000nlp_rapor-20200914102956.pdf) (Erişim tarihi: 11.01.2023)
- Delisle, M.A. & L. Jolin, 2007. Un Autre Tourisme Est-il Possible? Éthique, Acteurs, Concepts, Contraintes, Bonne Pratique, Ressources. Québec: Presses de l'Université du Québec, 172 pp. (<https://doi.org/10.2307/j.ctv18ph9d5>).
- Demir, C. & A. Çevirgen, 2006. Ekoturizm Yönetimi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. ISBN: 975-591-844-2, 222 s.
- Doğa Derneği, 2006. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Ankara. ISBN: 978-975-98301-3, 639 s.
- Ekşi, M. & S. Akdağ, 2017. Antalya Kumluca'nın geleneksel yaşam terimleri ve kültürel peyzaj açısından değerlendirilmesi. *Avrasya Terim Dergisi*, 5 (2): 40-51.
- European Union, 2019. Promoting Alternative Tourism Models to Reduce Pressures in the Mediterranean Region. Interreg Mediterranean – Sustainable Tourism. (Web site: https://planbleu.org/wp-content/uploads/2019/06/alternative_tourism_models_web.pdf) (Date accessed: 10.03.2024).
- Finike Belediyesi, 2022. Finike. (Web Sayfası: <https://finike.bel.tr/radyofar-koyu>) (Erişim tarihi: 20.03.2022).
- Finike Kaymakamlığı, 2024. Finike-Tarihi. Finike Kaymakamlığı. (Web Sayfası: <http://www.finike.gov.tr/tarihi>) (Erişim tarihi: 20.03.2024).
- Görmüş, S., E. Atmış, H.B. Günşen, N.K. Özkazanç & M. Artar, 2017. The importance of mapping natural and cultural routes in rural tourism: Bartın case. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 10 (1): 32-38.
- Halaç, H. & M. Benzer, 2019. Küçük yerleşim yerlerinin turizme açılmasında kültürel mirasın rota ile kurgulanması. *Geomatik Dergisi*, 4 (1): 23-29. (<https://doi.org/10.29128/geomatik.438618>).
- Kahraman, O.C., 2019. Turist Deneyimi ve Tekrar Ziyaret Etme Niyeti Arasındaki İlişkide Kişilik Özelliklerinin Aracı Rolü: Alternatif Turizm Türlerine Katılan Turistler Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora Tezi, İstanbul, 296 s.

- Karaköse, M. & S. Terzioğlu, 2020. Finike (Antalya) orman planlama biriminin vasküler bitki florası. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (5): 1144-1162. (<https://doi.org/10.18016/ksutarimdoqa.vi.681247>).
- Karakuş, A., 2014. Finike (Antalya) İlçesinin Coğrafi Etüdü. Süleyman Demirel Üniversitesi, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 135 s.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021. Finike Arkeolojik Sit Alanları ve Kültür Varlıkları. Antalya Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü, Antalya, 10 s.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022. Turizm Çeşitleri. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (Web Sayfası: <https://www.ktb.gov.tr/TR-96269/turizm-cesitleri.html>) (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- Meyer, D., 2004. Tourism Routes and Gateways: Key Issues for The Development of Tourism Routes and Gateways and Their Potential for Pro-Poor Tourism. Overseas Development Institute, ODI discussion paper, London, 31 pp.
- Ortaçşeme, V. & P. Zeğerek, 2017. Yeşil alanların kent turizmüne katkısının Antalya örneğinde incelenmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 30 (3): 205-212. (<https://doi.org/10.29136/mediterranean.359813>).
- Pedrosa, A., F. Martins & Z. Breda, 2022. Tourism routes: a scoping review. European Journal of Tourism Research 32: 3216.
- Procházková, K., 2012. Alternative Tourism and Sustainable Development in The Small Island Caribbean: Case Study of Dominica, West Indies. Palacky University, (Unpublished) Bachelor Thesis, Olumuc, 72 pp.
- Qi, J., Wang, Q., 2022. Tourism route selection model for tourism sustainable development based on improved genetic algorithm. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2022: 4287011. (<https://doi.org/10.1155/2022/4287011>).
- Rodriguez, B., J. Molina, F. Perez & R. Caballero, 2012. Interactive design of personalised tourism routes. Tourism Management, 33 (4): 926-940. (<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.09.014>)
- Sarı, C. & M. Ertürk, 2017. Batı Toroslarda yürük göç yollarının turizm amaçlı kullanımına yönelik planlama önerileri. Turkish Studies (Elektronik), 12 (24): 159-178. (<http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.12146>).
- TDK, 2024. Güncel Türkçe Sözlük. (Web Sitesi: <https://sozluk.gov.tr/>) (Erişim Tarihi: 10.03.2024).
- Türkiye Kültür Rotaları Derneği, 2022. Rotalar. (Web Sitesi: <https://cultureroutesinturkey.com/tr/>) (Erişim Tarihi: 10.11.2022).

Derleme (Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (4):519-532
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1465366>

Uğur YEGÜL¹ 

Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarım Makinaları ve Teknolojileri
Mühendisliği Bölümü, 06135, Keçiören,
Ankara, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
yegul@ankara.edu.tr

Anahtar sözcükler: Su-enerji-gıda (SEG)
zinciri, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir
kalkınma hedefi, entegre kaynak yönetimi

Keywords: Water-Energy-Food (WEF)
Nexus, sustainability, sustainable
development goal (SDG), integrated
resource management (IRM)

Su-enerji-gıda zinciri kavramına dayalı ulusal politikaların belirlenmesi

Determination of national policies based on the
concept of water-energy-food nexus

Received (Alınış): 05.04.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 02.08.2024

ÖZ

Gıda fiyatlarındaki artış, doğal kaynaklardaki azalışın göstergesi olarak kabul edilmektedir. Nüfus artışıyla birlikte su, enerji ve gıda gibi doğal kaynaklara yönelik küresel talebin de artacağı tahmin edilmektedir. Son on yıl içerisinde su-enerji-gıda zinciri ortaya çıkmıştır. Su-enerji-gıda zinciri doğal çevre ve insan faaliyetleri arasındaki etkileşimleri sistematik olarak analiz etmek ve sektörler arasında doğal kaynakların daha koordineli bir yönetimi ve kullanımı için kavramsal bir yaklaşım sunmaktadır. Su-enerji-gıda zinciri ile ilgili çalışmalarda en önemli zorluk, sistemin nasıl temsil edileceği ve izleneceğidir. Bu amaçla enerji, tarım-gıda ve su ile ilgili konuları vurgulayan su-enerji-gıda zinciri ile ilgili ülke düzeyinde gösterge değerlerinin oluşturulması ve bunların izlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; ilk olarak su-enerji-gıda zinciri hakkında temel bilgiler verilerek aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Makalenin ikinci bölümünde konuyla ilgili bir çalışmaya yer verilerek ülkemizin durumu değerlendirilmiştir. Son bölümde ise su-enerji-gıda zincirinin özellikleri ve gösterge değerlerinden yararlanılarak Ulusal bazda yapılması gereken çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

The increase in food prices is recognized as an indicator of the decline in natural resources. With population growth, global demand for natural resources such as water, energy and food are projected to increase. The water-energy-food nexus has emerged in the last decade. The water-energy-food nexus provides a conceptual approach for systematically analyzing the interactions between the natural environment and human activities and for a more coordinated management and use of natural resources across sectors. A major challenge in the study of the water-energy-food nexus is how to represent and monitor the system. For this purpose, it is necessary to establish and monitor country-level indicator values related to the water-energy-food nexus, which emphasizes energy, agri-food and water-related issues. In this study, firstly, basic information about the water-energy-food nexus is given and the relationships between them are analyzed. In the second part of the article, a study on the subject is given and the situation of our country is evaluated. In the last part, the characteristics of the water-energy-food nexus and indicator values are utilized, and suggestions are made regarding the studies to be carried out on a national basis.

GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşından sonra başlayan ve 1940'lar ile 70'ler arasında gözlenen “yeşil devrim” olarak bilinen tarımsal teknoloji türü (Carson, 1962), önemli bir tarımsal üretim artışı sağlamakla birlikte çevresel eleştirilere maruz kalmıştır. Yeşil devrimin başarısı; bitki ıslahının geliştirilmesi, yoğun sulama, fazla inorganik gübre kullanımı ve tarımsal üretimden gıda eldesine kadar yoğun enerji kullanımına dayanıyordu. Tarımsal üretimin her aşamasında mekanizasyon uygulamalarından kimyasal gübreler ve ilaçlar, ürün işleme, soğutma, paketlenme ve taşımaya kadar fosil yakıt kullanımının bu başarıya büyük katkısı olmuştur (Pellegrinia & Fernández, 2018).

Yeşil devrimin teknolojik ilerlemelerinin sağladığı mahsul üretimindeki fazlalık, mahsullerin yem olarak kullanılmasına izin vermiş, böylece “hayvancılık devrimi” olarak bilinen bir fenomen olan hayvancılık üretim oranlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu yeni hayvancılık üretim sistemi, mera üretimine alternatif olarak giderek artan bir şekilde kesif hayvan yemi üretimine dayanıyordu (Davis & D'Odorico, 2015; FAOSTAT, 2017). Benzer şekilde, deniz ürünlerine yönelik küresel talep artmış ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinde artan balık ve deniz ürünleri üretimi ile karşılaşmıştır (D'Odorico, 2018).

Bu başarılar yanında, zararlı pestisit kullanımı ve aşırı gübrelemenin neden olduğu toprak yapısında bozulma, ağır makinelerin kullanımına bağlı toprak sıkışması ve erozyon yanında fosil yakıtlara olan güçlü bağımlılık ve atmosferdeki sera gazlarının artışı bu tarım biçiminin sürdürülemez olduğunu ortaya koymaktadır (Pellegrinia & Fernández, 2018).

Küresel tarım-gıda sistemi, insanlığın çevreyi olumsuz yönde değiştirmesinin en kapsamlı yollarından biri haline gelmiştir. Tarlalar ve meralar artık gezegenin buzsuz yüzeyinin yaklaşık %38'ini kaplamaktadır. Erişilebilir suyun yarısından fazlası insan için kullanılmaktadır (Ertuğrul, 2023; Richter, 2014) ve antropojenik tüketilen suyun neredeyse tamamı tarım içindir. Tarımsal mekanizasyonla, yoğun toprak işleme gerçekleşmiş ve toprak oluşumundan daha fazla olan toprak kaybı gerçekleşmiştir. Gübre üretimi, çevredeki reaktif nitrojen (N) miktarını iki katından fazla artırmış ve gıda üretiminde (örneğin, geviş getiren hayvanların sindirimi ve gübre denitrifikasyonu) ve arazi kullanımındaki değişikliklerden (örneğin ormansızlaşma) kaynaklanan sera gazı emisyonları insanlığın sera gazı emisyonlarının %30'unu oluşturmuştur (Tubiello et al., 2013). Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları, 2000 yılından 2010 yılına kadar yıllık olarak %1,1 oranında artmıştır (Tubiello et al., 2013; D'Odorico et al., 2018).

İnsan nüfusu artmaya devam ettikçe, gıda talebi de artmaktadır. Bununla birlikte, artan talebi karşılamak için yeşil devrimin basit bir tekrarı pek olası değildir. Birleşmiş Milletler 2050 yılına kadar 9,7 milyar ve 2100'e kadar 10,9 milyar bir dünya nüfusu öngörmektedir (Gerland et al., 2014; D'Odorico et al., 2018). Sonuç olarak, dünya bugün olduğundan 2,5 milyar daha fazla insanı beslemek zorunda kalacaktır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, artan talebi karşılamak için 2050 yılına kadar mevcut gıda üretiminin yüzde 70 artması gerektiğini tahmin etmektedir (FAO, 2011). Gezegenin sınırları, özellikle sınırlı enerji ve su kaynakları göz önüne alındığında, bu hedefe ulaşmak yüzyılın en büyük zorluklarından biridir. Aynı zamanda, işlenmiş gıda, et, süt ürünleri ve balık için artan talep, gıda tedarik sistemine daha fazla baskı eklemekte ve iklim değişikliğinin artan etkileri başka bir kısıtlama oluşturmaktadır (Godfray, 2010; Anonymous, 2021a).

Su, gıda üretimini etkileyen sınırlayıcı bir faktör olarak hayati öneme sahiptir (Porkka et al., 2017). Bu nedenle, sınırlı su kaynaklarıyla yeterli gıda arzını sağlama yeteneği, ciddi bir endişe haline gelmiştir. Aslında yeni teknolojilerin (örneğin, yeni çeşitler, sulama teknikleri ve suyun yeniden kullanım yöntemleri) gelişmesine rağmen; nüfus artışı ve beslenme düzenindeki değişikliklere bağlı olarak, küresel su kaynakları üzerindeki insan baskısı endişe verici oranlarda artmakta ve yeni endişeler ortaya çıkmaktadır (Carr et al., 2013; Varis et al., 2017).

Su krizinin sıklıkla gözden kaçan bir yönü, önümüzdeki birkaç on yılda su güvenliği tartışmalarına hakim olması beklenen gıda ve enerji endüstrileri arasındaki su kaynakları için ortaya çıkan rekabettir (Rosa et al.,

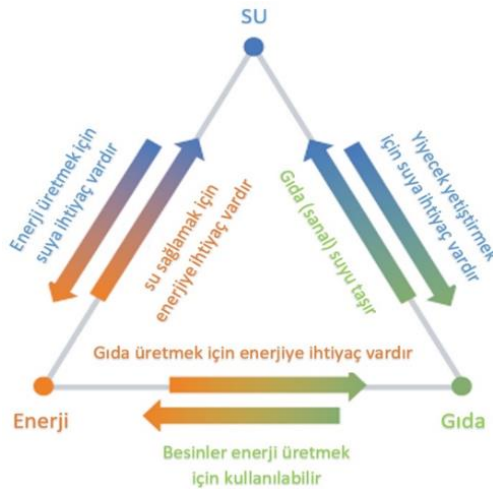
2017, 2018; Scanlon et al., 2017). Yakın zamana kadar, sanayi toplumlarının enerji ihtiyaçlarının çoğu, çıkarılmaları için nispeten düşük su maliyetleri gerektiren geleneksel fosil yakıtların kullanımıyla karşılanmaktaydı. Hidroelektrik gibi yenilenebilir enerjiye ek olarak, yakın gelecekte, daha fazla miktarda su gerektiren petrol kumları, kaya yağı ve kaya gazı gibi geleneksel olmayan fosil yakıt yataklarına artan bir bağımlılık görülecektir (Rosa et al., 2017, 2018). Bunlar, Dünya'daki fosil yakıtların çoğunu oluşturmakta olup, bunların çıkarılması özellikle gıda ve enerji için su kullanımları arasında daha güçlü bir rekabetin ortaya çıkmasının beklendiği, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki su mevcudiyeti ile sınırlı olabilir (Rosa et al., 2018). Yenilenebilir enerji talebindeki artışın, nehir havzalarında sayısız sosyal ve çevresel sonuçlara yol açabilecek baraj gelişimini de önemli ölçüde artırması muhtemeldir; örneğin, yakın zamanda, dünya çapında yaklaşık 3.700 büyük hidroelektrik barajının planlandığını veya yapım aşamasında olduğunu tahmin etmektedirler (Zarfl et al. 2015; 2017). Aynı zamanda, son biyoenerji politikaları (European Union Parliament, 2009), gıda ve enerji kullanımları arasında doğrudan bir rekabetle biyoyakıt endüstrisinin gelişimini teşvik ederek, yenilenebilir enerjiye belirli bir derecede güvenilmesini zorunlu kılmıştır (Hermele, 2014; Ravi et al., 2014; Rulli et al., 2016; D'Odorico et al., 2018).

Su-enerji-gıda zinciri

Enerji, gıda ve su talebi istikrarlı bir şekilde artmakta, ancak bunları üretmek için gereken kaynaklar sınırlı ve çoğu durumda da azalmaktadır.

Enerji, gıda ve su arasındaki karşılıklı bağımlılıklar sayısız ve çok boyutludur. Bunların ilişkisi genellikle enerji, gıda ve su zinciri (bileşenlerin sırası değişebilse de) (Rasul & Sharma, 2016) ya da "su-enerji-gıda zinciri" (SEG) olarak adlandırılmaktadır. Gıda üretiminin tek yolunun tarım olması nedeniyle, zincir içerisinde bazı kaynaklarda gıdaya bazı kaynaklarda da tarıma yer verilmektedir.

SEG zinciri yaklaşımı, enerji, su ve gıda arasındaki dinamik ve karmaşık bağlantıları tanıır. Bu yaklaşımın temelinde, sektörel konular olarak enerji, su ve tarımın birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği inancı yatmaktadır. Her sektör kendi içinde çok yönlü olsa da üç sektör arasındaki bağlantılar, daha da karmaşık olan ilişkileri, zorlukları ve fırsatları ortaya çıkarmaktadır. Örneğin su, yakıt çıkarma, arıtma ve üretim için olduğu kadar elektrik üretimi için de gereklidir. Bu arada, suyu çıkarmak, pompalamak ve iletmek için olduğu kadar içme suyu amaçlı ve atık arıtma için de enerjiye ihtiyaç vardır. Su ve enerji, gıda üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve hazırlanması için temel girdilerdir; bazı biyoyakıtların üretiminde ise gıda ürünleri kullanılır. Tarım ve gıda üretimi, arazi bozulumu, akıştaki değişiklikler ve yeraltı suyu deşarjının bozulması yoluyla su sektörünü etkiler. Şekil 1'de SEG zincirindeki ilişkiler gösterilmektedir (Anonymous, 2017).



Şekil 1. Su-Enerji-Gıda Zinciri (Anonymous, 2017).

Figure 1. Water-Energy-Food Nexus (Anonymous, 2017).

Şekil 1’de verilen SEG zinciri kapsamında bileşenler arasındaki ilişkiler şöyle incelenebilir:

Tarım-su bağlantısı

Tarım, Dünya mevcut tatlı suyunun açık ara en büyük tüketicisidir. Küresel olarak, akarsulardan ve yeraltı suyundan çekilen suyun yüzde 70’i, bölgeler arasında önemli farklılıklar olmakla birlikte, tarımsal üretimde kullanım içindir (Anonymous, 2017).

Gıda talebinin karşılanması, doğrudan veya dolaylı olarak yerel su varlığına bağlıdır. Doğrudan, karasal ekosistemlerde tüm birincil tarımsal üretim yani bitkisel üretim su gerektirmektedir. Dolaylı olarak tüm ikincil, yani hayvansal üretim (balıkçılık hariç) nihayetinde ot, yem vb üretimi için suya gereksinim duyar. Bu nedenle, gıda üretimi ve su mevcudiyeti arasında güçlü bir bağ vardır. Böyle bir bağ, gıda ve su güvenliği tartışmasının merkezinde yer alır. Çünkü;

(1) Dünyanın birçok bölgesinde tarımsal üretim su mevcudiyeti ile sınırlıdır.

(2) Tarımsal ürün verimindeki artış, yüzey ve yeraltı sularından çekilen ve sulama için kullanılan suya bağlıdır.

(3) Genel olarak, bu tür tarımsal su kullanımı, dünya çapında su kaynaklarına insan tarafından el konulmasının herhangi bir biçimini çok aşmaktadır (D’Odorico et al., 2018).

Özellikle tarım-su ilişkilerinin daha iyi izlenebilmesi için ortaya çıkan su ayak izi kavramı bu noktada önemlidir. Tarımda kullanılan suyun ayak izinin izlenebilmesi için sanal su kavramı ortaya atılmıştır. Bu kavram uyarınca tarımsal amaçlı kullanılacak suyun detaylı analizi için mavi, yeşil ve gri su sınıflandırması yapılmıştır. Buna göre, mavi su, göl, nehir ve yeraltı rezerv suyunu; yeşil su, yağış ile toprakta sağlanan, bitkilerin kullanımına hazır suyu ve gri su, kullanılabilir temizlik düzeyine getirilebilen atık suyu tanımlanmaktadır. Bu tanımlama yardımı ile yetiştirilen ürünlerin ticareti ile arka planda bu ürünlerin yetiştirilmesi için harcanan suyun miktarı belirlenebilmekte ve ticaret ile ne kadar suyun da el değiştirdiği tahminlenebilmektedir. Bu sayede karar vericilerin sürdürülebilir kaynak yönetimi için geliştireceği politikaların tutarlılığı artırılabilir (Ertuğrul vd., 2022).

Enerji-su bağlantısı

Yakıt üretimi ve elektrik üretimi, su mevcudiyetine bağlıdır ve su çıkarılması ve dağıtılması da enerji gerektirir (King et al., 2008). Hem su hem de enerji, hızla değişen bir dünyada artan stres altında kalmaya hazır olan sınırlı kaynaklardır. Sanayi toplumlarının ekonomisini “karbondan arındırmak” için uygulanan yeni enerji teknolojileri, su yoğun yakıtlara olan bağımlılığı artırmaktadır (IEA, 2016; Mielke et al., 2010). Enerji üretimi ile su kaynakları arasındaki bağlantıyı her geçen gün daha da şiddetlenmektedir. Örneğin, biyoyakıt üretimi, konsantr güneş enerjisi (CSP) ve karbon yakalama ve depolama, büyük miktarda su gerektiren uygulamalardır. Bu nedenle, su mevcudiyeti mevcut enerji operasyonlarını zorlayabilir ve enerji üretim projelerinin fiziksel, ekonomik ve çevresel uygulanabilirliğini belirleyen bir faktör olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Alexander et al., 2017; Durmuş & Gücüyeter, 2024; D’Odorico et al., 2018).

IEA’nın bir raporuna göre; küresel enerji talebinin 2040 yılına kadar %30 artması öngörülse de (BP, 2017; ExxonMobil, 2017; IEA, 2016), daha gelişmiş su tasarrufu teknolojilerinin benimsenmesi nedeniyle enerji üretimi için su kullanımının artması beklenmemektedir. Ancak nükleer enerjinin, biyoyakıt üretiminin ve geleneksel olmayan fosil yakıtların çıkarılmasının artması, enerji sektöründe su tüketimini %60’tan fazla artıracaktır. Birleşmiş Milletler (BM)’nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden (SKH) biri; her insanın suya erişimini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için atık, tuzlu veya acı suyu arıtmak daha fazla enerji gerekecektir. Önümüzdeki 25 yıl içinde, çoğunlukla tuzdan arındırma projeleri ve büyük ölçekli su transferi nedeniyle, su için enerji kullanımını iki katına çıkaran enerji yoğun su projelerine doğru bir geçiş olacaktır (IEA, 2016; Bakken et al., 2017; D’Odorico et al., 2018).

Tüketim, üretim ve ticaretle bağlantılı olarak su kullanımı, kıtlığı ve kirliliği üzerine giderek artan araştırmalar, su ayak izi değerlendirmesi (WFA) alanının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu alanın temelinde, 2002 yılının başlarında Hoekstra tarafından geliştirilen ve Aralık 2002'de sanal su ticareti (VWT) konulu bir uzman toplantısında, uluslararası bir kitleye tanıtılan su ayak izi (WF) kavramı yer almaktadır (Hoekstra, 2017).

Gıda (Tarım)-enerji bağlantısı

Sanayi devrimiyle, 1950'lerden sonraki "Büyük Hızlanma" döneminde, özellikle fosil yakıta (kömür, petrol ve doğal gaz) dayalı enerji sistemlerinde (Steffen et al., 2007) büyük artışlarlaönemli bir enerji geçişi yaşanmıştır. Yüksek enerjili bir topluma doğru bu geçiş, artan tarımsal üretim (sonraki yeşil devrimden gelen yeniliklerle birlikte) ve artan üretim oranı, ekonomik büyüme, kentleşme ve demografik büyüme de dahil olmak üzere sosyoekonomik değişikliklerle aynı zamana denk gelmiştir (Steffen et al., 2007; Ben-Ari & Makowski, 2014; D'Odorico et al., 2018).

Modern küresel gıda sektörü enerjiye bağımlıdır. Tarımsal yeşil devrimin temelini oluşturan teknoloji ve sanayileşme, tarımsal ürün veriminde muazzam bir iyileşme sağlarken, aynı zamanda tarım ve gıda üretiminin enerji ihtiyaçlarını da artırmıştır. Bugün, küresel gıda sektörünün nihai kullanım enerji talebi, yaklaşık 2.270 milyon ton eşdeğer petrol (mtep/yıl) veya toplam küresel nihai enerji talebinin %32'sidir. Çiftlikten sofraya kadar gıda üretiminin tüm değer zinciri boyunca enerjiye ihtiyaç vardır (Şekil 2) (Anonymous, 2017).

Degirmencioglu et al. (2019) tarımsal üretim için gerekli enerji kalemlerini temel detaylarıyla incelemişler ve sulama suyunun pompalanması ve/veya işlem görmesi için gereken enerji miktarı ile toprak işleme, hasat, gübre üretimi ve taşıma gibi işlemlerde harcanan enerji sarfiyatlarının belirlenmesi ile üretilen ürünlerin toplam enerji sarfiyat bilançolarının ortaya konabileceğini, su ve enerji sarfiyatlarını dikkate alarak üretilebilecek gelecek senaryoları ile sürdürülebilir tarım için gereken optimum kaynak kullanımının sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Tarım ve enerji ilişkisi iki yönlüdür. Tarım için enerji sarfiyatı söz konusu olabildiği gibi üretilen ürünlerin atıklarından enerji üretilebilmesi mümkündür. Tarımsal ürünlerin atıklarından çeşitli yöntemlerle enerji elde edilebilmektedir. Her ürünün literatürde belirlenmiş atık oranları, elde edilebilir atık oranları ve kendine özgü ısı değerleri aracılığı ile enerji üretim potansiyelinin hesaplanabilmesi mümkündür (Ertuğrul et al., 2024).

SEG zinciri gösterge değerleri

Su, enerji ve gıda-tarım (SEG) zinciri ilk olarak 2010 yılında (Wong, 2010) vurgulandı ve 2011'den beri akademik, politika ve kalkınma ile ilgili ortamlarda SEG zincirine büyük önem verildi. Bonn2011 Konferansı (Hoff, 2011) ve Dünya Ekonomik Forumunun "Su Güvenliği" yayınında Su-Gıda-Enerji-İklim Bağlantısından etkili bir şekilde söz edilmektedir. Sonraki çalışmalarda ise SEG zincirinin yalnızca felsefi bir yaklaşım veya çerçeve olmasının aksine, nicel ve işlevsel hale getirilmesi gerektiği belirtildi. Nicel ve nitel SEG Zinciri değerlendirmelerini entegre etme zorunluluğu pek çok kaynaklarda vurgulanmıştır (FAO, 2018; Galaitsi et al., 2018; Allouche et al., 2019; Hoff et al., 2019; Simpson & Jewitt, 2019). SEG zincirini sürdürmenin önemli nedenlerinden biri de BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH2: Açlığa son, SKH6: Temiz su ve sanitasyon, SKH7: Erişilebilir ve temiz enerji, SKH13: İklim eylemi) ulaşmak için önemli bir mekanizma olmasıdır (Nhamo et al., 2020).

SEG zincirinin gerçek bir bağlantı noktası olması için, üç sektörü birlikte değerlendiren, sektörler arası bağlantıların ölçülmesini ve dengesizliklerin görselleştirilmesini sağlayan, kaynakların gelişimini ve kullanımını bütüncül bir şekilde değerlendirebilen bir karar destek aracına ihtiyacı vardır (McGrane et al., 2018; Shannak et al., 2018). Kaynak yönetimini değerlendirmenin bir yolu, bileşik endekslerle ifade edilen sürdürülebilirlik

göstergeleridir (Dizdaroglu, 2017; Farinha et al., 2019). Sürdürülebilirlik göstergeleri, belirli bir mekansal ölçekte kaynakların performansı ve mevcut durumu hakkında (Singh et al., 2012; Bell & Morse, 2018) ve kaynak kullanımının durumunu veya eğilimini ölçmek için yararlanabilecek değerlerdir (Nhamo et al., 2020). Sürdürülebilirlik göstergeleri tek tek kullanılabilir gibi, tüm bireysel gösterge puanları tek bir bileşik endekse entegre edilerek birleştirilebilir (Schernewski et al., 2014). SEG zinciri sürdürülebilirlik göstergeleri, karar vericilere kısa, orta ve uzun vadeli perspektifler açısından SEG kaynaklarının durumunu gösteren önemli bir analitik çerçeve sağlar. SEG zincirinin önemli bileşenleri olarak sürdürülebilirlik göstergeleri, şimdi ve gelecekte insan refahını artırmak için kaynak planlama, yönetim ve teknoloji geliştirmeyi dengelemek için gerekli parametreleri sağlar (Bizikova et al., 2013). Ekolojik, sosyal veya ekonomik sistemlerin performansını gösteren ölçülebilir parametrelerdir (Nhamo et al., 2020).

Simpson ve Arkadaşlarının (2000) uluslararası bir proje kapsamında "Entegre Kaynak Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma için Bir Araç olarak Su-Enerji-Gıda Zinciri Endeksi" konulu çalışmalarında geliştirdikleri SEG bağlantı endeksi kriterlerinin oluşturulmasında AB Ortak Araştırma Merkezi: Bileşik Göstergeler ve Puan Tabloları Yeterlilik Merkezi (JRC: COIN: Joint Research Centre: Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards) tarafından geliştirilen metodoloji kullanılmıştır. JRC: COIN yanı sıra Çevresel Performans Endeksi (Yale Üniversitesi, Columbia Üniversitesi), Küresel Yenilik Endeksi (INSEAD ve Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü), Eşitsizliği Azaltma Taahhüdü Endeksi (Oxfam), Mali Gizlilik Endeksi (Vergi Adalet Ağı), Çok Boyutlu Yoksulluk Belirleme Aracı (BM Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu), Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi (Dünya Ekonomik Forumu) ve Yolsuzluk Algılama Endeksi de dikkate alınarak 170 ülke için su, enerji ve gıdayla ilgili 60'dan fazla gösterge oluşturulmuştur. SEG Bağlantı Endeksi'nin geliştirilmesinde incelenen göstergelerin yanı sıra bunların tanımlarını, kaynağını, veri yeterliliğini, referans yılını ve her bir göstergenin neden var olup olmadığına ilişkin motivasyonu sunan gösterge seçim tablosu, bileşik endekse dahil edilmiştir. JRC: COIN'e göre bileşik göstergenin geliştirilmesindeki bir sonraki aşama, endeksi oluşturacak göstergelerin seçimidir. Göstergeler için kullanılacak veriler; ulusal istatistik ofisleri, devlet daireleri, sivil toplum kuruluşları gibi çeşitli kuruluşlar, Dünya Bankası, Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından toplanmaktadır. Bu veri tabanlarında yapılan küresel bir araştırma, su, enerji ve gıdayla ilgili 87 göstergeden oluşan bir listenin oluşturulmasını sağlamıştır. SEG Bağlantı Endeksini oluşturacak göstergelerin seçimi, paydaş/uzman katılımını kolaylaştırmak için bu proje kapsamında gerçekleştirilen 6 ayrı forumda sunulmuştur. Paydaş/uzman katılımının sonucu, SEG Bağlantı Endeksini oluşturmak için; 170 ülke için hesaplanacak endeks için, yeterli verinin sağlanabileceği 21 göstergeden oluşan bir setin seçilmesi gerçekleşmiştir. SEG Bağlantı Endeksi'nin su, enerji ve gıdayı temsil eden üç eşit sütunu vardır. Bu kaynak sektörlerinin her birinin sırasıyla "Erişim" ve "Kullanılabilirlik" alt sütunları bulunmaktadır (Simpson et al., 2020; Anonymous, 2021b).

Çalışma ile ilgili tüm bilgiler, hesaplama yöntemleri ve alınan veriler online olarak <https://wefnexusindex.org/> web sayfasında tüm ülkeler için yayınlanmaktadır. 2019'da başlayan çalışmada veri eldesine göre; ülke sayılarında değişiklikler olabilmektedir.

SEG Zinciri Endeksini oluşturan 21 gösterge için kullanılan veriler; Dünya Bankası, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayınlanan verilerdir.

Yukarıda açıklanan SEG bileşenlerinden yararlanılarak 184 ülke için SEG-Endeks değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2). Her bir ülke için hesaplanan değerlerin verildiği grafikte ülke isminin yanında SEG-Endeks değerleri 2019-2023 yılları için yer almaktadır.

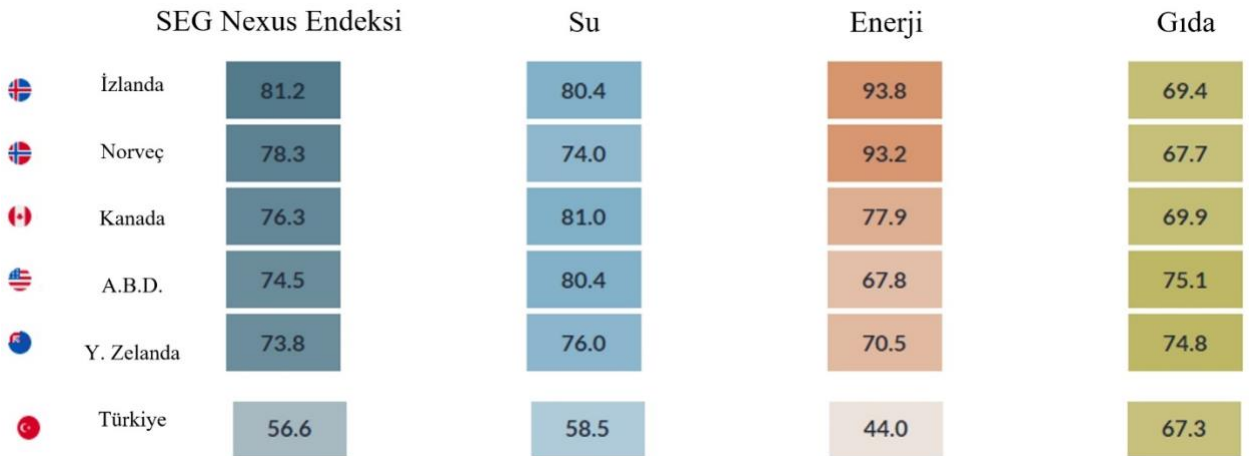


Şekil 2. Çeşitli ülkelerin SEG-Endeks değerleri (Anonymous 2023).

Figure 2. WEF-Index values of various countries (Anonymous 2023).

En yüksek SEG-Endeks değerine sahip olan ülkeler (2023) sırasıyla; İzlanda (81.2), Norveç (78.3), Kanada (76.3), ABD (74.5) ve Yeni Zelanda (73.8) olmuştur. Türkiye ülkeler sıralamasında 56.6 SEG-Endeks puanı ile 90. sırada yer almaktadır.

SEG-Endeks üç sütundan oluşmaktadır. Bunlar; su sütunu, enerji sütunu ve gıda sütunudur. Bu bileşenlerin gösterge değerleri de Şekil 3'te verilmiştir. İlk sırada yer alan İzlanda'nın su göstergesi 80.4, enerji göstergesi 93.8 ve gıda göstergesi 69.4'tür. Türkiye'nin ise; su göstergesi 58.5, enerji göstergesi 44.0 ve gıda göstergesi 67.3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. SEG bileşenlerinin gösterge değerleri (Anonymous 2023).

Figure 3. Indicative values of WEF components (Anonymous 2023).

Su-Enerji-Gıda (SEG) Zinciri Endeksi, küresel olarak mevcut 21 göstergelyi bir araya getiren bileşik bir göstergedir. Endeksin üç bileşeninin her biri iki alt sütun içermektedir: Erişim ve Kullanılabilirlik. Bu başlıklar altında da SEG-Endeksi Göstergeleri ve bunların sayısal değerleri yer almaktadır. Türkiye'ye ait SEG-Endeks Göstergeleri ve bunların sayısal değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Türkiye, su endeksinde 58.5 değeri ile 2022 yılındaki 59. sıradan, 2023 yılında 80. sıraya düşmüştür. Enerji değerinde 2022'de 115. sırada olan Türkiye, 44 puanla 116. sıraya gerilemiştir. Gıda endeksinde ise 2022'de 37. sırada iken, 2023'de 67.3 puanla 38. sırada yer almıştır. SEG endeksinde ise 2022'de 75. sırada olan Türkiye, 2023 yılında 56.6 puanla 90. sırada bulunmaktadır.

Simpson ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı çalışma, su, enerji ve tarım-gıda ile ilgili konuları vurgulayan SEG zinciri ile ilgili ülkeler düzeyinde bir bileşik gösterge sağlamaktadır. SEG Zincirini bir mercek olarak kullanarak, entegre kaynak yönetimi açısından 170 farklı ulusun statüsünü tespit etmek için nicel bir araç sağlanmıştır. Aynı zamanda, bir ulusun statüsünü aynı bölgeden benzer düzeyde (yani gelişmiş veya gelişmekte olan) diğer ülkelerle veya bir ulusun belirli bir ülkeye göre değerlendirilmesi yoluyla karşılaştırma fırsatı oluşturmaktadır (Simpson et al., 2020).

2030 SKH hedef yılına giden on yılda SEG Zinciri değerlendirmeleri daha kapsamlı olmalıdır. Nitel çalışmalar nicel değerlendirmelere paralel olarak yürütülmelidir. SEG Zinciri yaklaşımını kullanan entegre kaynak yönetimi için herkese uyan tek bir yöntem yoktur. Bunun yerine, metodoloji her benzersiz durum için uyarlanmalıdır ve SEG Zinciri Endeksi, bu tür çalışmalar için bir katalizör ve giriş noktası olabilir. SKH'lerin bir alt kümesini/bağlantısını değerlendiren endeks, SKH'leri tamamlayıcı niteliktedir. Ancak SKH'lerde olduğu gibi, bu bağlantı çalışması "entegre" göstergelerin eksikliğinden muzdariptir. Bu boşluk gelecekte yeni göstergeler geliştirildikçe giderilebilecektir. (Simpson et al., 2020). D'Odorico et al. (2018)'e göre de küresel SEG sisteminin anlaşılmasında ve yönetiminde bazı büyük boşluklar bulunmaktadır. Daha spesifik olarak, sürdürülebilir SEG çözümlerini gerçek dünya sonuçlarıyla ilişkilendirmeye ve yerel uzmanlar ve paydaşlarla etkileşime giren araştırmalara katılmaya acil bir ihtiyaç vardır.

Çizelge 1. Türkiye için hesaplanan 2023 SEG-Endeks değerleri*

Table 1. 2023 WEF-Index values calculated for Türkiye*

		Gösterge No	Gösterge Değerleri	Gösterge Puanı	Endeks değeri (sıralama)
Su	Erişim	01	Minimum içme suyu hizmetlerinden yararlanan kişiler (%)	97	58.5 (80)
		02	Minimum temel temizlik hizmetlerini kullanan kişiler (%)	78.4	
		03	IWRM (Entegre Su Kaynakları Yönetimi) uygulama derecesi (1-100)	72	
	Kullanılabilirlik	04	Yıllık tatlı su çekimi, toplam (iç kaynakların yüzdesi)	27.1	
		05	Kişi başına düşen yenilenebilir iç tatlı su kaynakları (m3)	2,698	
		06	Çevresel akış gereksinimleri (10 ⁶ m3/yıl)	0.7	
		07	Derinlikteki ortalama yağış (mm/yıl)	593	
Enerji	Erişim	08	Elektriğe erişim (nüfusun yüzdesi)	100	44 (116)
		09	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi)	13.7	
		10	Yenilenebilir elektrik üretimi (toplam elektrik üretiminin yüzdesi)	32	
	Kullanılabilirlik	11	CO2 emisyonları (kişi başına metrik ton)	4.8	
		12	Elektrik güç tüketimi (kWh/kişi).	2,815	
		13	Enerji ithalatı, net (enerji kullanımının yüzdesi)	75.2	
Gıda	Erişim	14	Yetersiz beslenme yaygınlığı (%)	2.5	67.3 (38)
		15	Aşırı zayıflıktan etkilenen 5 yaş altı çocukların yüzdesi (%)	1.7	
		16	Yeterince gelişmemiş 5 yaş altı çocukların yüzdesi (%)	5.5	
		17	Yetişkin popülasyonda (18 yaş ve üstü) obezite yaygınlığı	32.1	
	Kullanılabilirlik	18	Ortalama protein arzı (gram/kişi/gün)	110.7	
		19	Tahıl verimi (kg/hektar).	2,918.5	
		20	Ortalama Diyet Enerji Arz Yeterliliği (ADESA) (%)	159	
		21	Gıda üretiminin ortalama değeri (I\$/kişi).	159	
SEG Zinciri					56.6 (90)

* (<https://www.wefnexusindex.org/TUR> (Anonymous, 2023) adresinden yararlanılarak hazırlanmıştır).

Ulusal Düzenlemeler

Dünya genelinde Nexus Çalışmaları, bilimsel araştırmalar ve projeler olarak gerçekleştirilmektedir. En yoğun çalışmalar Brezilya ve Çin'de, en az araştırma Grönland, Kongo ve İrlanda'da yapılmıştır. İran, Güney Afrika, Suudi Arabistan ve Lübnan gibi su kıtlığı çeken ülkelerde de yoğun araştırmalar yer almaktadır. Asya, Avustralya, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Afrika ve Avrupa dahil olmak üzere farklı bölgelerdeki farklı yaklaşım türlerinin (WEF bağlantı noktası, WEFC bağlantı noktası ve WEFC bağlantı noktası) dağılımı görülmektedir. SEG bağlantısı içerisinde Asya'da gıda sektörüne daha fazla odaklanıldığı, Avrupa'da su ve enerji sektörleri arasındaki etkileşime daha önem verildiği ve Afrika'da iklim bağlantısına etkilerinin daha yoğun araştırıldığı görülmektedir (Kalvani & Celico, 2024).

Sürdürülebilir kalkınma bağlamında gıda güvenliği, sağlıklı su yönetimi ve modern enerji hizmetlerine evrensel erişim temel hedeflerdir. Bu sektörlerdeki politikalar ve uygulamalar sektörler arası koordinasyon olmadan yapılırsa riskler ve belirsizlikler ortaya çıkabilir. Enerji, su ve gıda güvenliğini ayrı ayrı ele alan geleneksel geliştirme çözümleri yetersizdir ve genellikle istenmeyen sonuçlara yol açar.

SEG zincir yaklaşımı, sınırlı kaynaklarımızı sürdürülebilir bir şekilde kullanabilmemiz ve yönetebilmemiz için su, enerji ve tarım-gıda arasındaki karmaşık ve dinamik ilişkileri daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bir sektördeki kararın sadece o sektör üzerinde değil, diğerleri üzerinde de yaratabileceği etkileri düşünmeye zorlar. Potansiyel değişimleri ve sinerjileri öngörerek, farklı sektörlerde uygulanabilir yanıt seçeneklerini tasarlayabilir, değerlendirebilir ve önceliklendirebilir.

SEG Zincir Endeksinin geliştirilmesi, hiçbir ülkede entegre kaynak yönetiminin kusursuz bir şekilde gerçekleşeceğini göstermemektedir. Her ulus sürekli olarak gelişme potansiyeline sahiptir ve endeks değerleri de olumlu ya da olumsuz yönde değişiklik gösterebilecektir. Ne SEG Zincir yaklaşımı ne de Zincir Endeksi küresel toplumun karşı karşıya olduğu tüm önemli kalkınma veya çevresel zorlukları çözecek her derde deva değildir. Bununla birlikte, entegre kaynak yönetimine katkıda bulunabilir ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini tamamlayıcı niteliktedir.

Enerji-tarım-su zinciri kavramına dayalı olarak Ulusal politikaların belirlenmesi amacıyla aşağıda belirtilen konular dikkate alınmalıdır.

- 1. SEG Zinciri veri tabanının oluşturulması:** SEG Zinciri konusunda yapılan çalışmalarda görülmüştür ki; SEG sistemleri ve kaynakların sürdürülebilirliği konusunda sınırlı ve eksik veriler bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle ulusal düzeyde, SEG Zincir bilgi tabanına gereksinim vardır. Bu amaçla SEG Zinciri akıllı altyapıya, çok işlevli ekosistemlere ve yenilikçi teknolojilere ve kurumlara yatırım yapılabilmesi için politikalar geliştirilmeli ve kurumsal destekler sağlanmalıdır. Böylece SEG Zincir anlayışımızı geliştirecek yeni veri kaynakları ve yaratıcı stratejiler oluşturulabilir.
- 2. SEG Zinciri içerisindeki sektörler arası koordinasyonu sağlamak:** Sektörler arası koordinasyon ve entegrasyonla veri tabanının geliştirilmesi, sektörler arasında sinerjiler yaratılması, kaynak kullanım verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması ve enerji-gıda-su yönetiminin entegre edilmesi sağlanacaktır.
- 3. SEG Sistemi ile ilgili ulusal araştırmaların yapılması:** Yapılan küresel çalışmalarda; SEG sisteminin anlaşılması ve yönetiminde önemli boşluklar olduğu bildirilmektedir (D'Odorico et al., 2018). Sürdürülebilir SEG çalışmalarını ulusal düzeyde uygulanmasını sağlayacak yerel uzmanlar ve paydaşlarla etkileşimini sağlayacak araştırmalara gereksinim vardır.
- 4. SEG Zincirinin tüm kalkınma alanlarında dikkate alınması:** SEG zinciri tüm kalkınma problemleri, alt yapı geliştirme ve planlamalarına dahil edilmelidir. Tüm sektörlerin amacı; gelecek nesiller için doğal çevreyi korurken üretimi artırmaya yatırım yapmak olmalıdır. Bu akılda tutularak her sektör için bilgi ve teknoloji paylaşımı, ortak kaynak yönetimi ve SEG zincir tabanlı çözümler üretilmesi sağlanmalıdır.

5. **SEG sistemleri arasındaki faydalı bağlantıların güçlendirilmesi:** Gıda, su ve enerji sistemleri arasındaki doğal bağlantılar, bir sistemin sürdürülebilirliğini iyileştirmeyi hedefleyen bazı stratejilerin, her üç sistemde birden çok amaca hizmet eden sinerjik etkilere sahip olabilmesi açısından fırsatlar da sunabilir. Döngüsel ekonomide atık yakalama ve geri dönüşüm gibi SEG zincirindeki bu faydalı bağlantıların güçlendirilmesi, küresel ölçekte gıda, su ve enerji güvenliğinin esnekliğini artırmak için kritik öneme sahip olacaktır.
6. **SEG Yönetim ve SEG Verimlilik Sistemlerinin geliştirilmesi:** Enerji yönetimi, enerji verimliliği alanında olduğu gibi; su ve gıda alanlarında da yönetim ve verimlilik çalışmaları yapılmalıdır. SEG yönetimi ve SEG verimliliğinin ulusal olarak tüm alanlarda öğretilmesi, benimsenmesi ve kullanılması yönünde yasal düzenlemeler yapılarak teşvik edilmesi ve desteklenmesi sağlanmalıdır.
7. **Sürdürülebilir Tarım:** Tarım, insan gıdasının tek sağlayıcısıdır ve tarımsal üretimin en önemli girdileri de tatlı su ve enerjidir. Sürdürülebilir tarım kavramı, sınırlı doğal kaynakların kullanımını ve zararlı çevresel etkileri en aza indirirken, ürün verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve ekonomik istikrarı sürdürmek arasındaki hassas bir dengeye dayanmaktadır. Dolayısıyla SEG zincirinde tarımsal üretimde, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini de dikkate alarak aşağıda verilen konular dikkate alınmalıdır:
 - Tarımsal üretim için su ve enerjinin verimli kullanımına yönelik teşviklerin düzenlenmesi ve tanıtılması yoluyla su ve enerji yönetimi sağlanmalıdır.
 - Çoğu tarım makinesinin çalıştırılmasında ve gübre, ilaç yapımında, sera gazı emisyonlarına katkıda bulunan ve buna bağlı olarak iklim değişikliğini hızlandıran fosil yakıtlarla çalışılmaktadır. Bu tür çevresel zararlar, ülkemizde potansiyeli yüksek olan güneş, rüzgar, jeotermal ve biyoyakıtlar gibi yenilenebilir kaynakların teşviki ile azaltılabilir. Bu yenilenebilir kaynaklar tarım sektörü için büyük bir potansiyele sahiptir. Çiftçiler sübvansiyonlarla yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanmaya teşvik edilmelidir.
 - Küresel ısınma ve iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektör tarımdır. Bu değişiklikler, yeni teknolojiler ve yeni ürünlerin yetiştirilmesi gibi adaptasyon önlemleri gerektirmektedir.
 - Tarımın iklim değişikliğine katkısı da unutulmamalıdır. Toplam küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık çeyreği tarım kaynaklıdır. Özellikle metan salımına neden olan hayvan dışkıları ile ilgili atık yönetimine önem verilmelidir.

Tarımsal üretimin tüm alanları için hassas tarıma geçilmelidir. Hassas tarım, yeni bilgi teknolojilerinin kullanımı yoluyla tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak için kilit bir ürün yönetim sistemidir. Hassas tarım su ve enerjinin en verimli kullanılabileceği gıda üretim sistemidir.

Arazinin yanlış kullanımı yüzünden ortaya çıkan organik madde kayıpları, toprak kalitesinin düşmesine ve toprak yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, arazi kullanımının uygun şekilde yapılması ve doğru toprak yönetimi, topraktaki organik maddenin artışına ve karbondioksit (CO₂) miktarının azaltılmasına ve toprak kalitesinin iyileştirilmesini sağlayabilmektedir. Uygun bitkiler kullanılarak su kullanımı veriminin artırılması, gübre uygulamalarının optimize edilmesi mümkündür. Ayrıca toprakta bulunan karbon miktarı ormanların alanlarının korunması ile sağlanabilmekte ve atmosferde bulunan CO₂ miktarındaki artış veya azalış ile direk ilişkilidir (Janzen, 2004; Topçu vd., 2022).

SONUÇ

Bu çalışma ile su-enerji-gıda zinciri hakkında temel bilgiler verilerek aralarındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Makalenin ikinci bölümünde konuyla ilgili bir çalışmaya yer verilerek ülkemizin durumu değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde ise su-enerji-gıda zincirinin özellikleri ile birlikte gösterge değerlerinden yararlanılarak Ulusal bazda yapılması gereken çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Dünya 21. Yüzyılda başta su olmak üzere gıda ve enerjiye yönelik sürekli değişen ve artan talepleri karşılamak için büyük bir zorlukla karşı karşıyadır. Giderek artan bu talebin sürdürülebilir bir şekilde nasıl karşılanacağı kesin belirlenmemiş olsa da gelecekte gıdaya katkıda bulunabilecek yaklaşımlar söz konusu olmaktadır. Bu tür yaklaşımlar gıda, su ve enerji konusundaki yeni teknolojiler, çevre ve sağlık eğitimine dayalı kültürel önlemler veya su yönetimi, enerji yönetimi gibi politikalar olabilmektedir.

Yine aynı yaklaşımla su-enerji-gıda zinciri entegre kaynak yönetimini değerlendirmek için önem kazanmıştır. SEG zinciri farklı sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflere ulaşmak için; küresel kaynakların birbiriyle ilişkili doğasını tanımlamak ve ele almak için yararlı bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Böylece, doğal kaynaklarla ilgili daha entegre ve uygun maliyetli planlama, karar verme, uygulama, izleme ve değerlendirme yapılarak sektörler arası sinerji oluşturulabilecektir.

SEG zinciri yaklaşımının temelinde, sektörel konular olarak enerji, su ve tarım-gıdanın birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği inancı yatmaktadır. Her sektör kendi içinde çok yönlü olsa da, üç sektör arasındaki bağlantılar, daha da karmaşık olan ilişkileri, zorlukları ve fırsatları ortaya çıkarmaktadır. Kaynak değerlendirmelerinde ve politika oluşturmada su, enerji ve tarım arasındaki bağlantının dikkate alınmaması, çelişkili stratejilere ve kaynakların verimsiz kullanımına yol açacaktır.

SEG zinciri ile ilgili en önemli zorluk, su, enerji ve gıda ile ilgili parametreleri içeren sistemin karmaşık olması nedeniyle ölçülmesi ve izlenmesindeki zorluktur. SEG zincirinin tek bir gösterge kullanılarak değil, standartlaştırılması ve normalleştirilmesi gereken bir dizi farklı gösterge aracılığıyla ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla pek çok gösterge parametreleri yardımıyla oluşturulan SEG Endeksi, SEG zincirinin nicel bir ölçüsünü sağlayarak karmaşık veri kümesine bir özet ve giriş noktası sağlamaktadır. Böylece çeşitli göstergelerin daha ayrıntılı analizi, araştırmacı, politikacı ve sektörel karar vericilere uygulama ve yatırımlar konusunda ipuçları verecektir.

Ulusal SEG Endeksinin oluşturulabilmesi için ilk aşamada SEG Zinciri içerisindeki sektörler arası koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Böylece, SEG sistemleri arasındaki faydalı bağlantıların güçlendirilmesiyle sinerji oluşturulması sağlanacaktır. Diğer önemli bir konu da SEG ile ilgili ortak ulusal araştırmalar yapılarak SEG Zinciri veri tabanının oluşturulması zorunluluğudur. Son aşamada SEG Yönetim ve SEG Verimlilik Sistemlerinin geliştirilmesiyle SEG zincirinin tüm kalkınma alanlarında dikkate alınması önemli olmaktadır. Yapılan Ulusal bazdaki SEG zinciri çalışmalarına dayalı olarak, ulusal kaynakların (toprak, su, fosil yakıtlar) yönetimi, kendi kendine yeterliliği, hizmet sunumu, tüketimi gibi konularda sürdürülebilir karar verme olanağı sağlayacaktır.

Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

Yazar Katkıları

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

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Doç. Dr. Arzu YAZGI tarafından düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alexander, P., C. Brown, A. Arneith, C. Dias, J. Finnigan, D. Moran & M.D. Rounsevell, 2017. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15 (1): 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Allouche, J., C. Middleton & D. Gyawali, 2019. *The Water-Energy-Food Nexus: Power, Politics, and Justice*. Routledge, London, 150 pp.
- Anonymous, 2017. *The Energy-Water-Food Nexus: Managing Key Resources for Sustainable Development*. Ofi Pamphlet Series 41, Druckerei Odysseus, Himberg, Austria, 100 pp.
- Anonymous, 2021a. *The Energy-Agriculture Nexus*. (Web page: https://energypedia.info/wiki/Introducing_the_Energy-Agriculture_Nexus) (Date accessed: April 2024).
- Anonymous, 2021b. *The wef nexus index*. (Web page: <https://www.wefnexusindex.org/>) (Date accessed: April 2024).
- Anonymous, 2023. *The wef nexus index*. (Web page: <https://www.wefnexusindex.org/turkey>) (Date accessed: April 2024).
- Bakken, T. H., Å. Killingtveit & K. Alfredsen, 2017. The water footprint of hydropower production-state of the art and methodological challenges. *Global Challenges*, 1 (5): 1-8. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600018>
- Bell, S. & S. Morse, 2018. Sustainability indicators past and present: what next? *Sustainability*, 10 (5): 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10051688>
- Ben-Ari, T. & D. Makowski, 2014. Decomposing global crop yield variability. *Environmental Research Letters*, 9 (11): 1-10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114011>
- Bizikova, L., D. Roy, D. Swanson, H.D. Venema & M. McCandless, 2013. The water-energy-food security nexus: towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. (Web page: www.iisd.org/system/files/publications/wef_nexus_2013.pdf) (Date accessed: April 2024).
- BP, 2017. *Energy outlook 2017*. (Web page: www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf) (Date accessed: April 2024).
- Carr, J. A., P. D'Odorico, F. Laio & L. Ridolfi, 2013. Recent history and geography of virtual water trade. *PLoS One*, 8 (2): 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055825>
- Carson, R., 1962. *Silent spring*. (Web page: <https://www.bluejayjournal.ca/index.php/bluejay/article/download/2554/2543>) (Date accessed: April 2024).
- D'Odorico, P., K.F. Davis, L. Rosa, J. A. Carr, D. Chiarelli & J. Dell'Angelo, 2018. The global food-energy-water nexus. *Reviews of Geophysics*, 56 (3): 456-531. <https://doi.org/10.1029/2017RG000591>
- Davis, K.F. & P. D'Odorico, 2015. Livestock intensification and the influence of dietary change: a calorie-based assessment of competition for crop production. *Science of the Total Environment*, 538: 817-823. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.126>
- Degirmencioglu, A., R.H. Mohtar, B.T. Daher, G. Ozgunaltay-Ertugrul & O. Ertugrul, 2019. Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin, Turkey: a water, energy, and food nexus approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (4): 2511-2522.
- Dizdaroglu, D., 2017. The role of indicator-based sustainability assessment in policy and the decision-making process: a review and outlook. *Sustainability*, 9 (6): 1-28. <https://doi.org/10.3390/su9061018>
- Durmuş, İ. & İ. Gücüyeter, 2024. Karbon ayak izi ve yeşil organizasyon kavramlarına yönelik bibliyometrik araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 61 (1): 113-124. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1388506>
- Ertuğrul, Ö., 2023. "A Review on The Mechanization Practices for Regenerative Agriculture, 295-309". In: *Advance Concepts on Natural and Agricultural Sciences*. 1st Ed. (Eds. A. Kazankaya & M.A. Ateş), Ankara, Türkiye, 309 pp.
- Ertuğrul, Ö., B. Daher, G. Özgünaltay Ertuğrul & R. Mohtar, 2024. From agricultural waste to energy: assessing the bioenergy potential of south-central texas. *Energies*, 17 (4): 1-16. <https://doi.org/10.3390/en17040802>
- Ertuğrul, Ö., G. Özgünaltay-Ertuğrul & A. Değirmencioglu, 2022. "Su, Enerji ve Gıda Kaynaklarının İlişkisi ve Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri, 171-177". In: *Ziraat ve Su Ürünlerinde Kavramsal ve Olgusal Yaklaşımlar*. 1st ed. (Eds. Y. Banu & M. T. Tolon), Yenişehir, Ankara, 177 pp.

- European Union Parliament, 2009. Directive 2009/28/EC. (Web page: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>) (Date accessed: April 2024).
- ExxonMobil, 2017. The outlook for energy: A view to 2040. (Web page: <http://cdn.exxonmobil.com/~media/global/files/outlook-for-energy/2017/2017-outlook-for-energy.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- FAO, 2011. Energy-smart food for people and climate, Issue paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- FAO, 2018. Water-Energy-Food Nexus for the Review of SDG 7. Food and Agriculture Organization. (Web page: <http://www.fao.org/>) (Date accessed: April 2024).
- FAOSTAT, 2017. Food and Agriculture Organization 2017. FAOSTAT database. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.faostat.org/>) (Date accessed: April 2024).
- Farinha, F., M. J. Oliveira, E. M. Silva, R. Lança, M. D. Pinheiro & C. Miguel, 2019. Selection process of sustainable indicators for the algarve region-observe project. Sustainability, 11 (2): 1-24. <https://doi.org/10.3390/su11020444>
- Galaiti, S., J. Veysey & A. Huber-Lee, 2018. Where is the added value? A review of the waterenergy-food nexus literature. (Web page: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2018/07/review-of-the-water-energy-food-nexus.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Gerland, P., A. E. Raftery, H. Sevčiková, N. Li, D. Gu & T. Spoorenberg, 2014. World population stabilization unlikely this century. Science, 346 (6206): 234-237. <https://doi.org/10.1126/science.1257469>
- Godfray, H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S.M. Thomas & C. Toulmin, 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science, 327 (5967): 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Hermele, K., 2014. The appropriation of Ecological Space. Routledge, New York. 176 pp.
- Hoekstra, A.Y., 2017. Water footprint assessment: evolvment of a new research field. Water Resources Management, 31: 3061-3081. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1618-5>
- Hoff, H., 2011. Understanding the nexus. (Web page: <https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Hoff, H., S.A. Alrahaife, R. El Hajj, K. Lohr, F.E. Mengoub, N. Farajalla, K. Fritzsche, G. Jobbins, G. Özerol, R. Schultz & A. Ulrich, 2019. A nexus approach for the mena region-from concept to knowledge to action. Frontiers in Environmental Science, 7 (48): 1-14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00048>
- IEA, 2016. International Energy Agency. (Web page: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016>) (Date accessed: April 2024).
- Janzen, H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems & Environment. 104 (3): 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.040>.
- Kalvani, S.R. & F. Celico. 2024. Analysis of pros and cons in using the water-energy-food nexus approach to assess resource security: a review. Sustainability, 16 (7): 1-18. <https://doi.org/10.3390/su16072605>
- King, C.W., A.S. Holman & M.E. Webber, 2008. Thirst for energy. Nature Geoscience, 1 (5): 283-286. <https://doi.org/10.1038/ngeo195>
- McGrane, S.J., M. Acuto, F. Artioli, P.Y. Chen, R. Comber, J. Cottee, G. Farr-Wharton, N. Green, A. Helfgott & S. Larcom, J. A. McCann, P. O'Reilly, G. Salmoral, M. Scott, L. C. Todman, T. Van Gevelt & X. Yan, 2018. Scaling the nexus: towards integrated frameworks for analysing water, energy and food. The Geographical Journal, 185 (4), 419-431. <https://doi.org/10.1111/geoj.12256>
- Mielke, E., L.D. Anadon & V. Narayanamurti, 2010. Water consumption of energy resource extraction, processing, and conversion. (Web page: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/ETIP-DP-2010-15-final-4.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Nhamo, L., T. Mabhaudhi, S. Mpandeli, C. Dickens, C. Nhemachena, A. Senzanje, D. Naidoo, S. Liphadzi & A.T. Modi, 2020. An integrative analytical model for the water-energy-food nexus: South Africa case study. Environmental Science and Policy, 109: 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.010>

- Pellegrinia, P. & R.J. Fernández, 2018. Crop intensification, land use, and on-farm energy-use efficiency during the worldwide spread of the green revolution. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115 (10): 2335-2340. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717072115>
- Porkka, M., J.H., Guillaume, S. Siebert, S. Schaphoff & M. Kummu, 2017. The use of food imports to overcome local limits to growth. *Earth's Future*, 5 (4): 393-407. <https://doi.org/10.1002/2016EF000477>
- Rasul, G. & B. Sharma, 2016. The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy*, 16 (6): 682-702. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865>
- Ravi, S., D.B. Lobell & C.B. Field, 2014. Tradeoffs and synergies between biofuel production and large solar infrastructure in deserts. *Environmental Science and Technology*, 48 (5): 3021-3030. <https://doi.org/10.1021/es404950n>
- Richter, B., 2014. *Chasing Water: A Guide For Moving From Scarcity To Sustainability*. Island Press Washington DC, 192 pp.
- Rosa, L., K.F. Davis, M.C. Rulli & P. D'Odorico, 2017. Environmental consequences of oil production from oil sands. *Earth's Future*, 5 (2): 158-170. <https://doi.org/10.1002/2016EF000484>
- Rosa, L., M.C. Rulli, K.F. Davis & P. D'Odorico, 2018. The water-energy nexus of hydraulic fracturing: A global hydrologic analysis for shale oil and gas extraction. *Earth's Future*, 6 (5): 745-756. <https://doi.org/10.1002/2018EF000809>
- Rulli, M.C., D. Bellomi, A. Cazzoli, G. De Carolis & P. D'Odorico, 2016. The water-land-food nexus of first-generation biofuels. *Scientific Reports*, 6: 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep22521>
- Schernewski, G., S. Schönwald & M. Kataržytė, 2014. Application and evaluation of an indicator set to measure and promote sustainable development in coastal areas. *Ocean & Coastal Management*, 101 (Part A): 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.028>
- Shannak, S., D. Mabrey & M. Vittorio, 2018. Moving from theory to practice in the water-energy-food nexus: an evaluation of existing models and frameworks. *Water-Energy Nexus*, 1 (1): 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.04.001>
- Simpson, G. B. & G.P.W. Jewitt, 2019. The water-energy-food nexus in the anthropocene: Moving from 'nexus thinking' to 'nexus action'. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 40: 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.10.007>
- Simpson, G.B., G.P.W. Jewitt, W. Becker, J. Badenhorst, A.R. Neves, P. Rovira & V. Pascual, 2020. the water-energy-food nexus index: a tool for integrated resource management and sustainable development. (Web page: <https://osf.io/preprints/osf/tdhw5>) (Date accessed: April 2024).
- Singh, R.K., H.R. Murty, S.K. Gupta & A.K. Dikshit, 2012. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15: 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Steffen, W., P.J. Crutzen & J.R. McNeill, 2007. The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 36 (8): 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614: TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614: TAAHNO]2.0.CO;2)
- Topçu, P., Ö. Yavuz & A. Tolunay, 2022. Sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak organik karbonunun önemi. *Turkish Journal of Forest Science*, 6 (2): 604-614. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1039785>
- Tubiello, F.N., M. Salvatore, S. Rossi, A. Ferrara, N. Fitton & P. Smith, 2013. The faostat database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015009>
- Varis, O., M. Keskinen & M. Kummu, 2017. Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. *Water Security*, 1: 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002>
- Wong, J.L., 2010. The food-energy-water nexus. (Web page: <https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/issues/2010/07/pdf/haqspring2010final.pdf>) (Date accessed: April 2024).
- Zarfl, B.R., B.L. Ruddell, P.M. Reed, R.I. Hook, C. Zheng, V.C. Tidwell & S. Siebert, 2017. The food-energy-water nexus: Transforming science for society. *Water Resources Research*, 53 (5): 3550-3556. <https://doi.org/10.1002/2017WR020889>
- Zarfl, C., A.E. Lumsdon, J. Berlekamp, L. Tydecks & K. Tockner, 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77 (1): 161-170. <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>