jotaf

Journal of Tekirdag Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN: 1302-7050
e-ISSN: 2146-5894

Issue: 3
Volume: 18
2021

jotaf Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN:1302-7050 e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 18 **Sayı / Issue 3** **Eylül / September 2021**

Owner (On Behalf of Faculty)	**Sezen ARAT** **Tekirdag Namık Kemal University**
Editor-in-Chef	**Fulya TAN** **Tekirdag Namık Kemal University**
Editorial Management	Ersen OKUR, Tekirdag Namık Kemal University Eray ÖNLER, Tekirdag Namık Kemal University
Section Editors	Adnan ORAK, Tekirdag Namık Kemal University Fatih KONUKÇU, Tekirdag Namık Kemal University Aydın ADİLOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University H. Ersin ŞAMLI, Tekirdag Namık Kemal University Gülen ÖZDEMİR, Tekirdag Namık Kemal University Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namık Kemal University Fulya ÖZDİL, Tekirdag Namık Kemal University A. Şükrü DEMİRCİ, Tekirdag Namık Kemal University Nihal KILIÇ, Tekirdag Namık Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namık Kemal University
Editorial Adviser Board	Ayşe GÜL, Ege University Jim HANCOCK, Michigan State University Nasser MAHNA, University of Tabriz Bryan M. JENKIS, California University Peter KISS, Szent Istvan University Ali İhsan ACAR, Ankara University Hristo I. BELOEV, Ruse University Necdet DAĞDELEN, Adnan Menderes University Ünal KIZIL, Çanakkale Onsekiz Mart University Manzoor QADIR, United Nations University Mohammad T. SATTARI, University of Tabriz Erol BAYHAN, Dicle University Mammadova TURANE, Azerbaijan State Agrarian University Mammadova AYTEKİN, Azerbaijan State Agricultural University Gamze SANER, Ege University Mariana IVANOVA, Agribusiness and Rural Development University Alberto POMPO, El Colegio de la Frontera Norte Eugenia BEZIRTZOGLOU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Atilla YETİŞEMİYEN, Ankara University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuğrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GÖKSÖY, Bursa Uludağ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĞAN, Bursa Uludağ University Gürsel DELLAL,Ankara University Horia GROSU, Agr. Sciences and Veterinary Medicine University Türker SAVAŞ, Çanakkale Onsekiz Mart University Ignacy MISZTAL, Breeding and Genetics University Zlatko JANJEČIĆ, Zagreb University
Language Editor	Petru GOLBAN, Tekirdag Namık Kemal University
Statistics Editor	Yahya Tuncay TUNA, Tekirdag Namık Kemal University

Address: Journal of Tekirdag Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty 59030, Değirmenaltı – Tekirdag / TURKEY

jotaf
Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi
ISSN:1302-7050 e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date	**Eylül 2021 / September 2021**
Yayıncı/Publisher	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tekirdag Namık Kemal University, Faculty of Agriculture
Yayın Türü/Type of Publication	Uluslararası Süreli Yayın/International Periodical
Yayın Dili/Type of Language	Türkçe ve İngilizce /Turkish and English
Yayın Periyodu/Publishing Period	Dört ayda bir Ocak, Mayıs ve Eylül aylarında yayımlanır Triannual (January, May & September)
Tarandığı İndeksler/Indexed by	ESCI TR DİZİN ULAKBİM-Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) SCOPUS AGRIS/CARIS (FAO-AGRIS veri tabanı) CABI EBSCO ProQuest
İletişim/Correspondence	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Telefon	+90 282 250 20 00/22 70
Web	http://jotaf.nku.edu.tr (jotaf-en.nku.edu.tr) dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf (dergipark.org.tr/en/pub/jotaf)
Elektronik posta/E-mail	ziraatdergi@nku.edu.tr ftan@nku.edu.tr

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir. Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

Journal of Tekirdag Agricultural Faculty is the official peer-reviewed, international journal of Tekirdağ Namık Kemal University Agricultural Faculty. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

Address: Journal of Tekirdag Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty 59030, Değirmenaltı – Tekirdag / TURKEY

jotaf Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi
ISSN:1302-7050 e-ISSN:2146-5894

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Investigating The GMO Existence in Chips and Breakfast Cereals Marketed in Turkey 375-385
Sebnem MUTLU, Osman SIMSEK, Omer OKSUZ

Türkiye'de Pamuk Üretimi İle Fiyatı Arasındaki İlişkinin Koyck Yaklaşımı İle Analizi 386-399
Seymur AĞAZADE

Long-term Water Productivity of Maize (*Zea mays* L.) From Limited Irrigation Conditions under Moderate Semi-arid Environment 400-410
Abolfazl NASSERİ

Identification of Virus Causes of Mosaic Diseases in Zucchini Plants in the Bali Island of Indonesia 411-418
Nı Putu PANDAWANI, I Ketut WIDNYANA

The Effect of Building Orientation on Utilization of Solar Energy in Dairy Cattle Barns 419-427
Hatice DELICE, Erkan YASLIOGLU

Morphological Characterization of Some Hybrid Red Head Cabbage (*Brassica oleracea* L.var. *capitata subvar. rubra*) Varieties 428-435
Mehtap ÖZBAKIR ÖZER, Hayati KAR, Şenay MURAT DOĞRU, Nur KOBAL BEKAR

Tüketicilerin Fast Food Tüketim Sıklığını Etkileyen Faktörlerin Analizi 436-445
Hasan Burak AĞIR, Cuma AKBAY

Empirical Modelling of Global Solar Radiation in Hatay (Turkey) Province 446-456
Recep KÜLCÜ, Rabia ERSAN

Prediction of Photovoltaic Panel Power Outputs Using Time Series and Artificial Neural Network Methods 457-469
Aylin DUMAN ALTAN, Bahar DIKEN, Birol KAYIŞOĞLU

Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünleri Tercihlerinin Analizi 470-481
Sait ENGİNDENİZ, Turğay TAŞKIN, Awo Abdoulaye GBADAMONSI, Aysar Shihab AHMED, Alpha SALOUM CISSE, Ahmed Fathy SEIOUDY, Çağrı KANDEMİR, Nedim KOŞUM

Yarı Kurak Bölge Koşullarında Zeytin Bitkisinin Yetiştiği Toprakta Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi 482-493
Erdal SAKİN, Korkmaz BELLİTÜRK, Ahmet ÇELİK

Soya Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği 494-507
Nalan KARS, İmanverdi EKBERLİ

Kısıntılı Sulama Koşullarında Yetiştirilen Kıvırcık Marulda Bitki Kök Bölgesindeki Tuzluluk Birikimi 508-520
Harun KAMAN, Halil DEMİR, İlker SÖNMEZ, Ersin POLAT, Salahudin Saed MOHAMOUD, Zafer ÜÇOK

Mikroorganizmaların Büyüme Eğrilerini Tanımlamak İçin Excel Tabanlı, Kullanıcı Dostu, Ücretsiz Bir Araç: ÖK-BUZ GRoFiT 521-532
Hasan Basri ÖKSÜZ, Sencer BUZRUL

Yield and Water Use of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Under Different Irrigation Regimes and Fertilizers 533-544
Mahmud ALİ, Cafer GENÇOĞLAN, Serpil GENÇOĞLAN , Ali Beyhan UÇAK

Investigating of Some Agricultural and Quality Traits of Advanced Barley (Hordeum vulgare L.) Lines 545-556
Ali Cevat SÖNMEZ

Address: Journal of Tekirdag Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty 59030, Değirmenaltı – Tekirdag / TURKEY

jotaf Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi
ISSN:1302-7050 e-ISSN:2146-5894

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Development of Quality Characteristics of Pasta Enriched with Lupin (*Lupinus albus* L.) Flour and Resistant Starch Type 4 557-568
Elif YAVER, Nermin BİLGİÇLİ

Ceviz Bakteriyel Yanıklık Etmeni Xanthomonas arboricola pv. juglandis'e Karşı Antagonist Bakteriyel İzolatların in vitro Koşullarda Biyokontrol Etkinliklerinin Belirlenmesi 569-577
Bilgen YÖRÜK, Mustafa MİRİK

The Effects of Feeding Frequencıes on The Growth Performance and Life Rate in Electric Yellow Fish Fry (*Labidochromıs caeruleus*) 578-585
Cemal POLAT, Çetin YAĞCILAR

Orta Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanlar İçin Keten Bir Şans Mı? Kârlılık Analizi ve Yapılabilirliği 586-598
Esin HAZNECİ, Şahane Funda ARSLANOĞLU

Address: Journal of Tekirdag Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdag Namık Kemal University, Agricultural Faculty 59030, Değirmenaltı – Tekirdag / TURKEY

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 13/01/20
Kabul/Accepted: 29/04/21
DOI: 10.33462/jotaf.670008

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Investigating The GMO Existence in Chips and Breakfast Cereals Marketed in Turkey

Türkiye'de Satılan Cips ve Gevreklerde GDO Varlığının Araştırılması

Sebnem MUTLU[1], Osman SIMSEK[2], Omer OKSUZ[2]

Abstract

In this research, processed or low processed samples containing corn or corn products (corn semolina, flour, etc.) and soybean were randomly collected from the market, and 25 products in total (chips, nuts, cereals, flour) were analyzed for genetic modification using DNA based detection method, the polymerase chain reaction. First, homogenization of the samples was performed. Then DNA isolation was done by using Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) and Roche High Pure DNA Isolation Kit. Since the Roche High Pure DNA Isolation Kit gave better results, the analysis was completed with this method. After DNA isolation, the detection of the Lectin gene, Zein gene, CaMV 35S Promoter and NOS Terminator regions was performed by conventional PCR. Zein gene determination was done for searching and proving corn presence and similarly, Lectin gene determination was done for searching and proving soybean presence in the samples by conventional PCR. GMO3/GMO4 and Zein3/Zein4 primer pairs were used for Lectin and Zein gene determination, respectively. The amplification of DNA was observed in agarose gel electrophoresis. Lectin or Zein genes were detected in 17 samples while these genes were not detected in 8 samples. Samples, in which Lectin or Zein gene was detected were scanned for 35S promoter or NOS terminator. 35S-3/35S-6 and tNOS2F/tNOS2R primer pairs were used for scanning 35S Promoter and NOS Terminator, respectively. To observe possible contamination in the mix sterilized deionized water was used and 0% Bt-11 and 0% GTS 40-3-2 were used as a negative control, 5% Bt-11 and 10% GTS-40-3-2 were used as a positive control. All of the 25 samples did not provide enough DNA with the required quality. This result was considered to be sourced by the applications (frying, extruding, pressing etc.) that samples had been exposed to during processes. Neither 35S Promotor nor NOS Terminator was determined from any of the samples.

Keywords: GMO, Convantional PCR, Lectin, Zein, 35S Promotor, NOS Terminator

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Sebnem Mutlu, Edirne Food Control Laboratory Directorate, Edirne, Turkey. E-mail: sebnem.olucay@tarimorman.gov.tr OrcID: 0000-0002-2057-9991

[2] Osman Simsek, Department of Food Engineering, Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: osimsek@nku.edu.tr OrcID: 0000-0001-8506-0202.

[3] Omer Oksuz, Department of Food Engineering, Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: ooksuz@nku.edu.tr OrcID: 0000-0002-3223-3154.

Atıf/Citation: MUTLU S., SIMSEK O., OKSUZ O. Investigating The GMO Existence in Chips and Breakfast Cereals Marketed in Turkey. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 375-385.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Bu çalışmada piyasada satılan mısır ya da mısır ürünleri (mısır irmiği, mısır unu vb.) veya soya içeren işlenmiş veya yarı işlenmiş ürünler rastgele seçilerek toplamda 25 adet üründe (cips, çerez, gevrek, kuruyemiş kaplaması, un) GDO varlığı DNA temelli bir tespit metodu olan konvansiyonel Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ile araştırılmıştır. Bu amaçla homojenize edilen örneklerde CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide) yöntemi ve Roche High Pure DNA Isolation Kit ile DNA izole edilerek çoğaltılması denenmiştir. DNA Isolation Kit kullanılarak DNA izole edilmesi yöntemi daha başarılı olduğundan işlemler bu yöntemle tamamlanmıştır. DNA izolasyonunun ardından Lektin geni, Zein geni, 35S Promotör ve NOS Terminatör bölgelerinin tespiti konvansiyonel PCR ile yapılmıştır. Zein geni tespiti örneklerdeki mısır varlığını, Lektin geni tespiti ise örneklerdeki soya varlığını araştırmak ve kanıtlamak amacıyla yapılmıştır. Zein ve Lektin genleri tespiti için sırasıyla GMO3/GMO4 ve Zein3/Zein4 primer çiftleri kullanılmıştır. Elde edilen DNA'ların amplifikasyonundan sonra DNA agaroz jel elektroforezi ile gözlemlenmiştir. Agaroz jel elektroforezi sonucu alınan görüntülerde 17 örnekte Lektin ya da Zein geni tespit edilirken 8 örnekte bu genler tespit edilememiştir. Lektin ya da Zein geni tespit edilen ürünlerin 35S Promotör ve NOS Terminatör taraması için çalışılmaya devam edilmiştir. Bunun için sırasıyla 35S-3/35S-6 ve tNOS2F/tNOS2R primer çiftleri kullanılmıştır. Mümkün kontaminasyonları gözlemlemek için sterilize su kullanılırken, negatif kontrol amacıyla 0 % Bt-11 ve 0% GTS 40-3-2, pozitif kontrol amacıyla ise 5% Bt-11 ve 10% GTS-40-3-2 kullanılmıştır. 25 örneğin hiçbirinde istenen kalitede ve yeterli miktarda DNA elde edilememesinin sebebinin işleme sırasında uygulanan prosesler (kızartma, kavurma, ekstrude etme, basınç vb.) olduğu düşünülmektedir. Hiçbir numunede 35S Promotör ve NOS Terminatör bölgesine rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: GDO, Konvansiyonel PCR, Lektin geni, Zein geni, 35S Promotör, NOS Terminatör

1. Introduction

Genetically Modified Organism is an organism, except for human beings, in which the genetic material has been altered in a way that does not occur naturally by mating and/or natural recombination (Kulaç et. al, 2006; Chao, 2007; Ozmert-Ergin and Yaman, 2013). The genes which are transferred to these organisms are called "transgene" (Gungoren, 2012). These genes are responsible for the genetical regulation. The two sequences more frequently used with this purpose are the promoter P-35S from Cauliflower mosaic virus (CaMV) and the nopaline synthase gene terminator, nos3', from *Agrobacterium tumefaciens* (McBride and Summerfelt, 1990; Jen et al., 2010; Kıran and Osmanağaoğlu, 2011). In recent years, GMOs are used in the food industry, and hence, new ideas are developed, production is growing up, and also speeded up every year. GM (Genetically Modified) agriculture was 181.5 million hectares in 2014 while it was 1,7 million hectares in 1996. So, agriculture has been a developing trend in recent years. As a result, nowadays there are many GD products. The most known are potato, tomato, rice, soybean, sunflower, peanut, rapeseed, papaya, some fish species (Kaynar, 2010).

Gene transfer is carried out by using one of biolistic, electroporation, microinjection methods, or Agrobacterium-mediated gene transfer. While producing a GM product has many benefits such as an increase in quality, production and endurance time of the product, development of new drug formula and new food types, reduction of product waste, and recycling to the environment, it also has adverse effects such as antibiotic resistance, potential toxicity, undesirable gene exchange, decrease in species richness, unfair competition (Çakar, 2010). Recent advances in genetic engineering have brought many questions especially about food safety, ecological balance protection, and socio-economic risks. Some scientific circles argue that the risks associated with the use of genetically modified organisms, which have a large share in agriculture, are not adequately and effectively investigated (Ekinci, 2008).

This study is aimed to determine whether there are genetic modifications in chips and breakfast cereals. It is tried to clarify whether the GM corn or soya which is allowed to be used only feed production is used for food production by investigating GMO presence in chips, breakfast cereals, and some dried nuts covered with soya. Besides, it is aimed to have an idea about whether sufficient amounts of DNA can be obtained as a result of the DNA extraction process which is the preliminary process for the determination of GMOs in highly processed products such as chips and crisp.

2. Materials and Methods

A total of 25 chips, crisps and nuts samples were used as materials. Samples containing corn and soybean consist of local samples purchased from local markets. Samples were obtained from June 2014 to June 2015, they belong to different brands and whether they contain corn or soya. The methods proposed by Kay and Paoletti (2001) were used in the sampling. The samples were ground and pulverized until they were as small as possible (Guerra, 2005). Homogeneous flours (Certified Reference Materials - CRM) containing different ratios of Genetically Modified produced by European Union Institute Materials and Measurements and European Reference Materials (IRMM, ERM) were used as reference material.

2.1. DNA Extraction and Purification of Samples

"Roche High Pure DNA Isolation Kit " was used for DNA extraction. 200 mg homogenized sample which was floured was put into sterile reaction tube. 1000 µl of extraction Buffer was added and mixed with the vortex. After the solutions were incubated at 80 ℃ for 30 minutes, they were centrifuged at 12000g for 10 minutes. The supernatant was added to another 2 ml-microcentrifuge tubes which contain 400 µl Binding Buffer. Then, 80 µl Proteinaz K solution (20 mg/ ml ddH2O) was added to it and incubated at 72 ℃ for 10 minutes. After that 200 µl isopropanol alcohol was added and mixed kindly all together. 650 µl solution was taken and put into the filtered tube which is also placed in the collection tube. This volume was centrifuged at 5000g for 1 min. 450 µl Wash Buffer was added after removing the passing amount to the collection tube. Again it was centrifuged at 5000g for 1 minute. This washing process repeated 2 times. Filtered tubes were centrifuged at 13000g for 10 seconds to remove all the Wash Buffer. Finally, filtered tube was placed in a new 1,5ml-reaction tube and 30-100 µl elution Buffer was added to it at 70 ℃. It is centrifuged at 5000g at 15-25 ℃ for 1 minute. The resulting, purified template DNA was obtained. DNA was stored at -20 ℃ for later use (Ekinci, 2008).

2.2. Determination of DNA Concentration

The purity control and quantification of DNA in the samples were performed by spectrophotometric method. Thermo Scientific spectrophotometer was used for this purpose. The spectrophotometer was zeroed by using the sterile water, after that; the sample DNA was diluted 1/10 with sterile deionized water and placed in a bath. The purity of the sample was calculated from the A260 / A280 ratio (Altındal et al., 2017)

2.3. Agarose Gel Electrophoresis

Electrophoresis was performed in Thermo EC horizontal gel electrophoresis system. DNA samples were run on a 2% agarose gel electrophoresis. Then, the gel was taken to the gel documentation analysis system and examined and photographed in Gene Snap Software.

2.4. Polymerase Chain Reaction

Techne brand thermal cycler were used for Polymerase Chain Reaction (PCR). The reaction mixture was prepared specifically for each primer pairs. The primers and their sequences used in the PCR amplification experiments are given in *Table 1*.

Table 1. Primary Properties of Zein Gene, Lectin Gene, 35 S Promoter and NOS Terminator Region

Primer name	Target gene	Primer length (bp)	Base Sequence	PCR product length (bp)
Zein3	Zein	19	AGTGCGACCCATATTCCAG	277
Zein4		21	GACATTGTGGCATCATCATTT	
GMO3	Lectin	22	GCCCTCTACTCCACCCCCATCC	118
GMO4		23	GCCCATCTGCAAGCCTTTTTGTG	
35S-3	CaMV Promoter	20	GACAGTGGTCCCAAAGATGG	147
35S-6		20	GTCTTGCGAAGGATAGTGGG	
tNOS 2F	NOS Terminator	29	GTCTTGCGATGATTATCATATAATTTCTG	151
tNOS 2R		25	CGCTATATTTTGTTTTCTATCGCGT	

Variable contents primers, dNTPs and the amount of water are shown in *Table 2* and *Table 3*. The thermalcycler program reported by Horuz and Aysan (2018) was modified and used in PCR processes.The conditions for PCR amplification of CaMV 35S promoter, NOS terminator, maize-specific gene (zein) and soy-specific gene (lectin) are summarized in *Table 4* and *Table 5*. The obtained PCR products were evaluated by agorase gel electrophoresis technique at 130 volts for 30 minutes by gel documentation analysis system (GeneGenius, Syngene).

Table 2. PCR Mix for the Detection of Zein and Lectin Gene (for 1 sample)

Content	Last Concentration	For 1 Sample (µL)
Steril deionized water		16
10×PCR Buffer	1×	2.5
25mM $MgCl_2$	2.5 mM	2.5
10mM dNTPs	0.2 mM	0.5
20 µM oligonucleotide ZEIN3 or GMO3	0.5 µM	0.625
20 µM oligonucleotide ZEIN4 or GMO4	0.5 µM	0.625
Taq DNA polymerase	0.025 U/ µL	0.25
gDNA(5 ng/ µL)	0.4 ng/ µL	2
TOTAL		25 µL

Table 3. PCR Mix for the Detection of 35S Promotor and NOS Terminator Regions

Content	Last Concentration	For 1 Sample (µL)
Steril deionized water		16
10×PCR Buffer	1×	2.5
25mM $MgCl_2$	2.5 mM	2.5
10mM dNTPs	0.2 mM	0.5
20 µM oligonucleotide	0.5 µM	0.625
20 µM oligonucleotide	0.5 µM	0.625
Taq DNA polymerase	0.025 U/ µL	0.25
gDNA(5 ng/ µL)	0.4 ng/ µL	2
TOTAL		25 µL

Table 4. PCR Program for Zein and Lectin Gene

Program	Temperature (℃)	Time (min)	Number of Cycles
Initial Denaturation	95	3	1
Denaturation	96	1	
Annealing/ Extension	60	1	30
Final Extension	72	3	1
Cooling	4	-	

Table 5. PCR Program for 35S Promoter and NOS Terminator Regions

Program	Temperature (℃)	Time	Number of Cycles
Initial Denaturation	95	10 min	1
Denaturation	95	15 s	
Annealing	60	15 s	
Extension	72	15 s	35
Final Extension	72	7 s	1
Cooling	4	-	

2.5. Detection Tests in Conventional PCR

Studies have been conducted to detect the presence of maize and soybean by using the Zein gene and Soybean gene respectively. In order to investigate the presence of genetic modification, studies have been conducted to determine the 35S promoter and NOS terminator regions.

Determination of Lectin and Zein gene in conventional PCR.

Specific primers were used to detect species-specific genes of maize and soybean. Zein3 / Zein4 primer pair was used for Zein gene detection and GMO3 / GMO4 primer pair was used for determination of Lectin gene. The expected band size for the Lectin gene is 118 bp and 277 bp for the Zein gene in the gel image (Turhan and Kafkas, 2013).

Determination of genetically modified maize and soybean.

DNA amplification results was evaluated on agarose gel image and samples which Zein or Lectin gene were detected were analyzed to detect if they contain 35S promoter and NOS terminator regions. Detection of one of these regulatory sequences in soybean and / or maize indicates the presence of GMO (Querci et al., 2002). Primers 35S3 and 35S6 (Berben and Dardenne, 2001) were used for the detection of the 35S promoter (CaMV) region, and tNOS2F and tNOS2R (Meriç et al., 2014) for the detection of the NOS terminator region. PCR products were analyzed by 2% agarose gel electrophoresis. The results were interpreted as with / without GMO.

3. Results and Discussion

3.1. DNA Isolation

DNA extraction was carried out with both CTAB and commercial kit and it was observed that the kits were superior to CTAB method in terms of quantity and quality of DNA. So, DNA obtained from commercial kit was used at DNA isolation.

In many studies it is demonstrated that DNA isolation method can produce significantly different DNA yields and purity for different maize and soybean foodstuffs (Brara et al., 2020; Chakraborty et al., 2020; Stefanova et al., 2013; Turkec et al., 2015). Our observations are in accordance with previous studies, in which the commercial kits are generally considered the best for getting better results in both yield and purity for maize flour, maize starch, maize flakes (Rizzi et al., 2003; Smith and Maxwell, 2007; Peano et al., 2004). Besides, Mafra et al. (2008) studied the DNA extraction methods for soybean derived food products. They verified that the commercial kits (Nucleospin and Genespin) gave better results in both yield and purity of soybean flour and simple products than CTAB method. On the other hand, there are several studies verified that CTAB method was more effective in DNA purity and yield. Turkec et al. (2015) demonstrated that CTAB method was the most efficient method for extracting high amounts of DNA from maize bread, chips, maize-based biscuit, diet breakfast cereal, canned maize, and maize seed, compared to the commercial kits. Furthermore, at the other studies, it is verified that CTAB

method gave better results for the extraction of DNA from raw soybean, raw maize and animal feed (Tung-Nguyen et al., 2009); other processed food matrices (CRM of Roundup Ready Soybean (RRS)) (Cankar et al., 2006); dairy foods (Pirondini et al., 2010); and soy DNA in chocolate and biscuits (Gryson et al., 2004).

3.2. Determination of DNA Concentration

DNA was extracted from food samples by using kit. DNA concentrations were calculated according to the results obtained from the spectrophotometric measurements (A260 / A280) of the products (Altındal et al., 2017). DNA concentrations (DNA Concentration = OD_{260} x Coefficient (50) x Dilution Factor) ranged from 0.64 to 140.3 ng / µl, while DNA purity (A_{260} / A_{280}) varied between 0.7743 and 2.088. The highest DNA amount was obtained from soybean and maize flour, while less amount and quality of DNA was obtained than corn chips, corn flakes and dried nuts with soy sauce.

Obtaining high quantity and quality of DNA depends on DNA extraction method. In addition the complexity of food matrices also affect this quality and quantity. Food matrices may contain proteins, polyphenols, and a number of PCR inhibitors such as tannins, alkaloids, polysaccharides which casuse difficulties in extraction and purification of higy-quality DNA. Foods are subjected to more than one process step including mechanical, thermal, enzymatic and chemical. This situation affects the integrity and amount of DNA obtained and may cause DNA degradation (Abdel-Latif and Osman, 2017; Fernandes et al., 2016; Mafra, 2008; Terry et al., 2002). This explains the decrease in the quality of DNA obtained with the increase of food processing steps applied to food in our study.

The integrity and quality of DNA affected by food process steps has been the subject of several studies. Mechanical processing, high temperatures and oil extraction/refining are the most studied processes (Fernandes et al., 2016). Food is subjected to a large number of different physical and chemical processes, and these processes can be applied alone or in combination. Mechanical food processes can be seperation, purification, while thermal processes are pasteurization, cooking, roasting including chemical reactions (Maillard reaction), or biochemical methods (e.g. enzymatic treatment of food) (Sathe and Sharma, 2009).

Shear forces (centrifugation, pumping, filtration) applied in mechanical processes may cause DNA degredation. Especially milling process for producig flour, grits or cornmeal which are used in bakery and extrusion products can cause DNA degredation. Chen et al. (2005) studied the effect of grinding, cooking, blending, homogenization, sterilization and spray-drying on the length of DNA fragments and they demonstrated that grinding have the greatest impact. Murray et al. (2009) also observed that DNA degradation increased in dried and blended soybeans. These data were in good agreement with work Chen et al. (2005).

Several studies showed that thermal treatment has a significant effect on the amount of DNA extracted from the food matrix, particularly on GM-derived food (Bergerova et al., 2010; Vijayakumar et al., 2009). In this studies DNA degradation was monitored by PCR. Besides, the integrity of heated DNA decreases in the duration of heat exposure. Chen et al. (2005) analyzed the changes of endogenous Lectin gene and exogenous epsps gene in transgenic raw materials and in samples from three soybean foods (bean curs, soy milk and soy powder) during eight processes (grinding, cooking, coagulation, squeeze-molding, blending, homogenization, sterilization, and spray-drying). They concluded that all processes affected the degradation of both genes in transgenic foods. They stated that heating at 100 ºC for 15 min did not change the size of DNA fragments but, super-high-temperature and high-pressure sterilization at 121 ºC for 30 resulted in large-scale degradation. Ballari and Martin (2013) investigated the effect of various processing treatment such as baking, microwaving, autoclaving, and ultraviolet irradiation on the content of MON810 maize. They demonstrated that thermal processing at 100 ºC leads to significant DNA degradation. Also several studies emphasized that thermal treatment (approximately 200/220 ºC) substantially reduces the size and quantity of the extracted DNA (Gryson et al., 2007, Hrncirova et al., 2008). Bauer et al. (2004) investigated the degredation of plant DNA during food processing, and they produced potato sticks, flakes and chips. The potatoes were subjected to high temperatures (150 to 175 ºC) for the short times (minutes) which conditions are commonly used in drying and frying processes. They stated that DNA strongly degraded by the heat treatment steps. Apart from that, Vijayakumar et al. (2009) concluded that, although there is a visible DNA degradation as a result of baking process, amplification was still possible.

In our study, we used maize flour, soybean, cornchips, cornflakes and dried nuts as sample. According to the results given above, it is clearly understood that food processes (grinding, heat treatments, homogenizations,

pressure) have effects on DNA integrity and detection. According the result in our study, the inability to obtain sufficient amount and quality of DNA from processed foods may be attributed to this.

3.3. Plant Specific PCR

The results obtained from the PCR procedure are shown in *Figure 1*. According to results, 277 bp (base pairs) PCR product was obtained in C1, C2, C3,C3, C4, C5, C6, C7, C9, C10, N1, N5, N6, MF1, MF2, MF3 samples, so the Zein gene was determined. From 17 out of 25 samples, Zein or Lectin genes were obtained. Zein gene was obtained from 90% of chips products and 50% of the dried nuts samples, but no soybean gene was obtained from these samples. While no Zein gene was obtained from any of the corn flakes samples, Zein gene was obtained from 100% of corn flour and Lectin gene was obtained from 100% of soy flour.

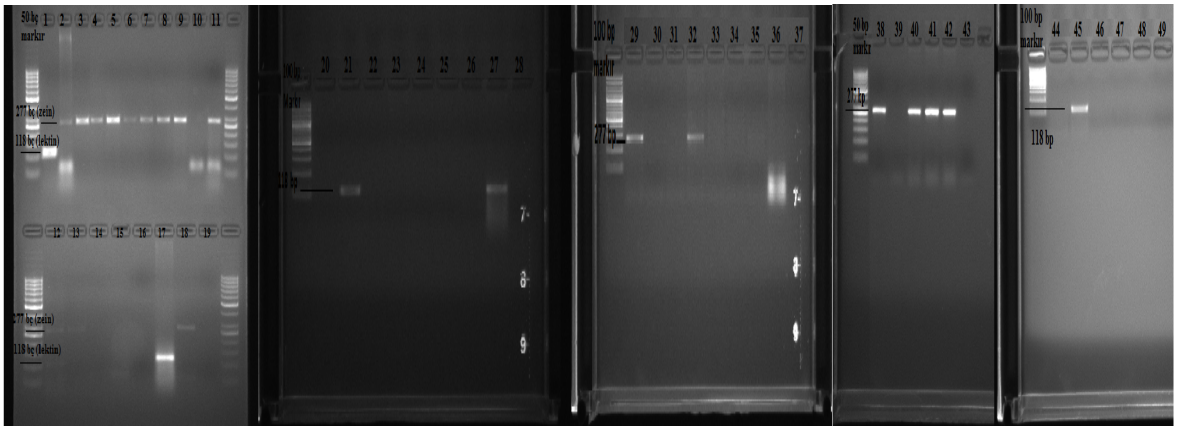


Figure 1. Searching for the Zein and Lectin Gene Using the Primer Pairs ZEIN3 / ZEIN4 for Zein and GMO3 / GMO4 for Lectin in the Samples. *1=1PC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 2= PC (%0 Bt-11 Maize), 3= C1, 4=C 2, 5= C3, 6= C4, 7= C5, 8= C6, 9= C7, 10= C8, 11= C9, 12= C10, 13=N1, 14= N2, 15= N3, 16= N4, 17= SF1, 18= N5, 19=Blank, 20= NC (%0 Bt-11 Maize), 21= PC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 22= CF1, 23= N5, 24= CF2, 25= CF3, 26= CF4, 27=SF2, 28=Blank, 29= PC (%0 Bt-11 Maize), 30= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 31= CF1, 32= N5, 33=CF2, 34=CF3, 35= CF4, 36= SF2, 37= Blank, 38= PC (%0 Bt-11 Maize), 39= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 40=MF1, 41=MF2, 42=MF3, 43= Blank, 44= NC (%0 Bt-11 Maize), 45= PC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 46= MF1, 47= MF 2, 48= MF 3, 49= Blank*

3.4. Investigation of 35S Promoter, NOS Terminator Presence by Conventional PCR Method

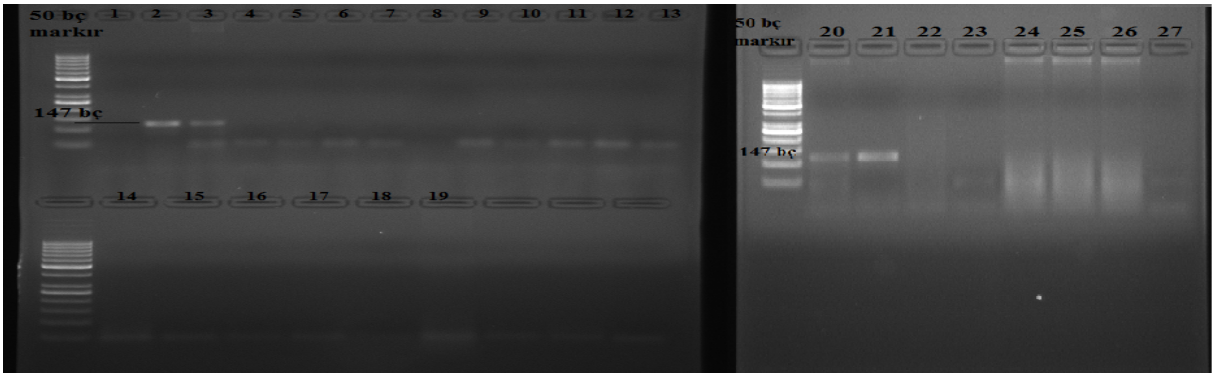


Figure 2. PCR Amplification in Maize or Soy Gene Obtained Samples by Using Primer Pair 35S-3 and 35S-6. *1= NC(%0 Bt 11), 2= PC (%5 Bt 11), 3= PC (%1 GTS 40-3-2 Soy), 4= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 5=C1, 6=C2, 7=C3, 8=C4, 9=C5, 10= C6, 11= C7, 12= C9, 13= C10, 14=N1, 15=SF1, 16=N5, 17=SF 2, 18=N6, 19= Blank, 20= PC (%5 Bt 11), 21=PC (%1 GTS 40-3-2 Soy), 22= NC(%0 Bt 11), 23= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 24= MF1, 25= MF2, 26= MF3, 27=Blank*

In the studies performed, 35S3 and 35S6 primers were used for determination of 35S promoter region. The primers tNOS2F and tNOS2R were used for the determination of the NOS terminator region (*Table 1*). In the experiments, 10% GTS 40-3-2 Soybean and 5% Bt-11 Maize standard reference materials were used as a positive control (PC), 0% GTS 40-3-2 Soybean and 0% Bt-11 Maize standard reference materials were used as a negative

control (NC). Sterile deionized water (Blank) was used to detect possible contamination in the PCR mixture. These analyzes were carried out on 17 samples that could obtain Lectin or Zein genes. While the size of the detected DNA fragment by primers 35S3 and 35S6 was 147 bp, the size of the detected DNA fragment by primers tNOS2F and tNOS2R was 151 bp. According to the results shown in *Figure 2* and *Figure 3*, all of the examples are negative for the 35S promoter and NOS terminator region.

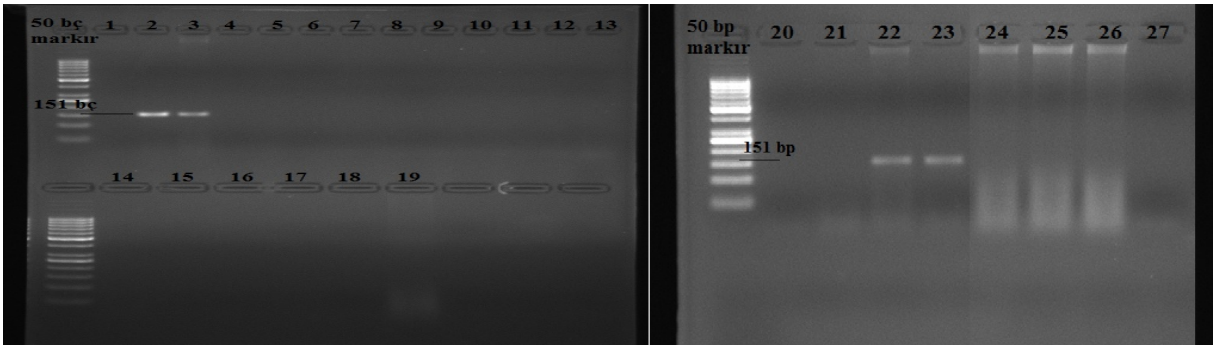


Figure 3. PCR Amplification in Maize or Soybean Gene Obtained Samples with Primer Pair tNOS2F and tNOS2R *1= NC(%0 Bt 11), 2= PC(%5 Bt 11), 3= PC (%1 GTS 40-3-2 Soy), 4= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 5= C1, 6= C2, 7= C3, 8= C4, 9= C5, 10= C6, 11= C7, 12= C9, 13= C10, 14= N1, 15= SF1, 16= N5, 17= SF2, 18= N6, 19= Blank, 20= NC (%0 GTS 40-3-2 Soy), 21= NC(%0 Bt 11), 22= PC (%5 Bt 11), 23= PC (%1 GTS 40-3-2 Soy), 24= MF, 25= MF2, 26= MF3, 27=Blank*

Turkec et al. (2015) investigated the GMO presence in 49 maize produsts (maize foodstuffs and feeds) sold in Turkish markets. According to their results, 2 samples (%4) contained both 35S and NOS, and 9 samples (%8) contained the presence of one GM element (NOS). They stated that 2 of the 9 samples with GM material were maize starch, one of each of diet breakfast and maize feed. Similarly, Gurakan et al (2011) investigated the presence of GM maize (Bt11) in a total of 31 foods and feeds, including a variety of highly processed maize products. They detected 35S promoter in 11 out of 31 samples. Of these 11 samples, 7 samples were both 35S and NOS positive. However, they stated that the highly processed products containing maize ingredients (maize starch, corn flakes, maize chips and popcorn) were neither 35S nor NOS positive. Also they remark that 3 out of 4 kernel corn and 1 out of 4 maize flour sample gave positive amplification signal for Bt11 maize. 75 soya-containing food and feed samples were screened for GMO content by qualitive and quantitative PCR by Turkec et al. (2016). While 6 out of 56 food samples (%10.7) were found to be GM positive, 15 out of 19 feed samples were reported to be GM positive. The threshold levels of GM positive food samples were also stated to be less than %0.9. Turkey has similar threshold limits in compliance with EU legislation. Any GM events have yet been approved for food use in Turkey. But Turkey also imports large quantities of feed, and it is stated in several studies that the presence of GM soy in feeds is highly. Studies also highlight that GM soy can be found in foods. These results given above demonstrate that maize foodstuffs and feeds sold in Turkey may contain GM material without any indications for consumers.

4. Conclusions

PCR is based on the amplification of genomic DNA fragments under conditions in which short oligonucleotide primers with a sequence complementing the target DNA synthesize this DNA (Çakmak, 2010). For this purpose, the analysis was completed in three steps: first isolation of DNA from the products, the detection of the presence of Zein or Lectin, and finally the detection of the GMO in the products obtained from Zein or Lectin gene.

According to the results, it was determined that chips, cornflakes, and dried nuts were not genetically modified or the amount of genetically modified DNA was below the limits that could be determined. When the production processes of the selected products except soybean and corn flour were considered, a sufficient amount and quality of DNA could not be obtained in 8 samples. The DNA structures of these products are estimated to be damaged, and it is thought that the DNA fragments to be amplified may not be of sufficient length and quality.

This may be explained by the fact that DNA may not be reproduced due to damage to the DNA due to the processes they were exposed to during the processing of the products. Temperature, low pH, nuclease can cause hydrolysis, impurity and / or enzymatic degradation of DNA (Gachet et al., 1999; Lipp and Anklam, 2002). In

addition, there are studies showing that the heat treatment applied to the products deteriorates the DNA and the average fragment length decreases in the majority (Meyer, 1999; Aydın, 2004).

DNA isolated from processed foods is generally of low quality and has shorter target sites (Hemmer, 1997). The efficiency of PCR depends on the quality and purity of the DNA obtained.

DNA quality can also be determined by the length of fragments and the rate of damage (Ekinci, 2008; Lipp and Anklam, 2002). As a result of frying, heating, and filtering the products, the DNA structure may deteriorate with the applied pressure or temperature (Pauli et al., 2000).

Pauli et al. (2000) listed the process steps in corn product production from many steps to fewer steps as corn grain, corn flour, popcorn, corn starch, corn chips and corn flakes. When the samples used in the study are examined; starch, corn flour and soy flour can be considered with the low process while the other samples are considered as medium or high process food according to the explanations made above. The fact that the plant gene is obtained from all corn and soy flour while the plant gene cannot be obtained in some of the chips and dried nuts and corn flakes can be explained as the reason for the decrease in the amount and quality of the DNA obtained from these samples which are considered as medium or high processed foods.

Because the Zein or Lectin gene was so worn that it could not be observed, it was not possible to obtain clear information about whether these samples contain GM as a result of not continuing forward analyses.

As a result, no foreign gene was detected in corn chips, corn flakes, popcorn, dried nuts with soy sauce and soy and corn flour.

This study draws attention to the necessity of continuing the studies for the determination of GMO type and amount of genetic modification in foods, to develop reliable, easy-to-use methods that can yield accurate results with fewer DNA isolates.

This study draws attention to the need for studies with less DNA isolates to determine GMO type and amount in the determination of genetic modification in foods by developing reliable and easy-to-use methods.

Acknowledgment

This study was financially supported by Namik Kemal University Scientific Research Projects Coordination Department, project number NKUBAP.00.24.AR.13.13. This article is produced from M.S. thesis of Şebnem Mutlu.

References

Abdel-Latif, A., Osman, G. (2017). Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. Plant Methods, 13:1,1-9.

Altındal, D., Altındal, N., Akgün, İ. (2017). Tritikale (X Triticosecale Wittmack) genotiplerinin ISSR-PCR yöntemi ile moleküler düzeyde tanımlanması. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 14 (03): 19-26.

Aydın, G. (2004). Detection and Quantification of Genetically Modified Maize Via Polymerase Chain Reaction. Msci. Thesis, Department of Biotechnology, METU, Ankara.

Ballari, R.V., Martin, A. (2013). Assessment of DNA degradation induced by thermal and UV radiation processing: Implications for quantification of genetically modified organisms. Food Chemistry, 141:2130-2136.

Bauer, T., Hammes, W.P., Haase, N.U., Hertel, C. (2004). Effect of food components and processing parameters on DNA degradation in food. Environ. Biosafety Res., 3:215-223.

Berben, G., Dardenne, P. (2001). Traçage et authentification des produits à base d'organismes génétiquement modifiés, Recherches financées par les SSTC dans le cadre du programme de "Recherche pré-nominative dans le secteur alimentaire", CRA-W, rapport finale contract NP/42/026.

Bergerova, E., Hrnčírová, Z., Stankovská, M., Lopašovská, M., Siekel, P. (2010). Effect of thermal treatment on the amplification and quantification of transgenic and non-transgenic soybean and maize DNA. Food Anal. Methods, 3: 211–218.

Brara, Z., Costa, J., Villa, C., Grazina, L., Bitam, A., Mafra, I. (2020). Surveying genetically modified maize in foods marketed in Algeria. Food Control, 109.

Cankar, K., Stebih, D., Dreo, T., Zel, J., Gruden, K (2006). Critical points of DNA quantification by real-time PCR-effects of DNA extraction method and sample matrix on quantification of genetically modified organisms. BMC Biotechnol., 6:37–51.

Chakraborty, S., Saha, A., Anathram, A.N. (2020). Comparison of DNA extraction methods for non-marine molluscs: is modified CTAB DNA extraction method more efficient than DNA?. Protocols and Methods, 10:69.

Chao, E. (2007). A Risk-Based Classification Scheme for Genetically Modified Foods:Establishing Levels of Concern to Guide Testing Requirements. Faculty of Graduate and Post Doctoral Studies. University of Ottawa Canada, 19-75.

Chen, Y., Wang, Y., Ge, Y., Xu, B. (2005). Degradation of endogenous and exogenous genes of roundup-ready soybean during food processing. J. Agric. Food Chem., 53: 10239–10243.

Çakar, T. (2010). Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar ve Tüketici Hakları. Farklı Boyutlarıyla Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar, Ed: D. Aslan, Şengelen M., Ankara, 75-84.

Çakmak, A.I. (2010). Türkiye' de Satışa Sunulan Bazı Gıda Ürünlerinde Genetik Modifiye Mısır Bileşenlerinin Aranması. (Master's Thesis) İstanbul Technical University, Institute of Science, İstanbul Turkey.

Ekinci, M.B. (2008). İşlenmiş ve İşlenmemiş Bazı Mısır Ürünlerinde Genetik Modifikasyonun Tespiti. (Ph.D. Thesis) Institute of Science, Ankara University, Department of Food Engineering, Ankara. Turkey.

Fernandes, T.J.R., Costa, J., Placido, A., Villa, C., Grazina, L., Meira, L., Oliveira, M.B.P.P., Mafra, I. (2016). Genetically Modified Organism Analysis as Affected by DNA Degradation, Editor: R.R. WATSON and V.R. PREEDY, Genetically Modified Organisms in Food (P. 111-118), Academic Press, Portugal.

Gachet, E., Martin, G.G., Vigneau, F., Meyer, G. (1999). Detection Of Genetically Modified Organisms (Gmos) By PCR: A Brief Review Of Methodologies Available. Trends in Food Science and Technology, 9: 380-388.

Gryson, N., Messens, K., Dewettinck, K. (2004). Evaluation and optimisation of five different extraction methods for soy DNA in chocolate and biscuits extraction of DNA as a first step in GMO analysis. J Sci Food Agric., 81:231–234.

Gryson, N., Dewettinck, K., Messens, K. (2007). Detection of genetically modified soy in doughs and cookies. Cereal Chem., 84: 109–115.

Guerra, F.X.M. (2005). Development of technique for the quantification of DNA from genetically modified organisms in processed foods. Chair of Allegement Food Technology. Münich Technical University.

Güngören, A.V. (2012). *Genetiği Değiştirilmiş Tarım Ürünlerinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi*. Master's Thesis. Ankara University, Institute of Science, Ankara, Turkey.

Gurakan, G.C., Aydın, G., Yılmaz, R. (2011). Qualitative detection of GM maize (Bt11) in food and feed sold commercially in Turkey by PCR based methods. Indian Journal of Biotechnology, 10: 143-146.

Hemmer, W. (1997). Foods Derived From Genetically Modified Organisms And Detection Methods. http://www.bats.ch/bats/publikationen/1997-2_gmo/gmo_food.pdf (accessed date, 10.07.2015).

Horuz, S., Aysan, Y. (2018). Kabakgil tohumlarında karpuz bakteriyel fide yanıklığı ve meyve lekesi hastalığı etmeni Acidovorax citrulli'nin varlığının belirlenmesinde kullanılabilecek uygun yöntem(ler)in saptanması. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 15 (03): 36-43.

Hrncirova, Z., Bergerova, E., Siekel, P. (2008). Effects of technological treatment on DNA degradation in selected food matrices of plant origin.

J. Food Nutr. Res., 47: 23–28.

Jen, Lu. I., Lin, C., Ming, T. (2010). Establishment Of A System Based On Universal Multiplex-PCR For Screening Genetically Modified Crops. Pan Anal Bioanal Chemistry, 396: 2055–2064.

Kay, S. and Paoletti, S. (2001). Sampling strategies for GMO detection and/or quantification. Rev 4.2, 23 Nov. 2001. EC. Directorate general JRC. IHCP (Institute for Healt and Consumer Protection). Food Products Unit: GMO: Food and Environment.

Kaynar, P. (2010). Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizmalar (GDO)'a Genel Bir Bakış. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi. 66: 177-185.

Kıran, F., Osmanağaoğlu, Ö. (2011). Gıdalarda Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) Belirlenmesi. Gıda, 36(5): 295-302.

Kulaç, İ., Ağırdil, Y., Yakın, M. (2006). Sofralarımızdaki Tatlı Dert, GDO ve Halk Sağlığına Etkileri. Türk Biyokimya Dergisi., 31(3):151-155.

Lipp, M. and Anklam, E. (2002). Validation of an immunoassay for the detection and quantification of roundop-ready soybean in food and feed fraction by the use of reference materials. European Commission Joint research Centre. Institute for Healt and Consumer Protection. Food Production and Consumer Goods Unit. 260p. Ispra, Italy.

Mafra, I., Silva S.A., Moreira, E.J.M.O., Ferreira da Silva, C.S., Beatriz, M., Oliveira, P.P. (2008). Comparative study of DNA extraction methods for soybean derived food products. Food Control, 19:1183–1190.

McBride, K., Summerfelt, K. (1990). Improved Binary Vectors For Agrobacterium Mediated Plant Transformation. Plant Mol Biol, 14: 269–276.

Meriç, S., Çakır, Ö., Turgut, K.N., Arı, Ş. (2014). Detection of Genetically Modified Maize And Soybean in Feed Samples. Gen. and Mol. Res. 2014; 13: 160-1168.

Meyer R (1999). Development And Application Of DNA Analytical Methods For The Detection Of Gmos in Food. Food Control, 10: 391-399.

Murray, S.R., Butler, R.C., Timmerman-Vaughan, G.M. (2009). Quantitative real-time PCR assays to detect DNA degradation in soy-based food products. J. Sci. Food Agric., 89: 1137–1144.

Ozmert-Ergin, S. ve Yaman, H. (2013). Genetiği Değiştirilmiş Gıdalar ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Gümüşhane University, Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(2): 261-274.

Pauli, U., Liniger, M., Zimmerman, A., Schrott, M. (2000). Extraction and amplification of DNA from 55 foodstuffs. Mitt. Lebensm. Hyg. , 91: 491-500.

Peano, C., Ruijter, J.M., Deprez, R.H.L., Moorman, A.F.M. (2004). Qualitative and quantitative evalutation of the genomic DNA extract from GMO and non-GMO foodstuffs with four extraction methods. J Agric Food Chem., 52:6962–6968.

Pirondini, A., Bonas, U., Maestri, E., Visioli, G., Marmiroli, M., Marmiroli, N. (2010). Yield and amplificability of different DNA extraction procedures for traceability in the dairy food chain. Food Control., 21:663–668.

Querci, M., Van den Eede, G. and Jermini, M. (2002). The analysis of food samples for the presence of genetically modified organisms. European Commission. Joint Research Centre Manual. Bölüm 2, 5-8.

Rizzi, A., Panebianco, L., Giaccu, D., Sorlini, C., Daffonchio, D. (2003). Stability and recovery of maize DNA during food procecessing. Ital J Food Sci, 15:499–510.

Sathe, S.K., Sharma, G.M. (2009). Effects of food processing on food allergens. Mol. Nutr. Food Res., 53: 970–978.

Smith, D.S., Maxwell, P.W. (2007). Use of quantitative PCR to evaluate several methods for extracting DNA from corn flour and cornstarch. Food Control, 18:236–242.

Stefanova, P., Taseva, M., Georgieva, T., Gotcheva, V., Angelov, A. (2013). A Modified CTAB Method for DNA Extraction from Soybean and Meat Products. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 27:3, 3803-3810.

Terry, C.F., Harris, N., Parkers, H.C. (2002). Detection of genetically modified crops and their derivatives: Critical steps in sample preparation and extraction. Journal of AOAC International, 85: 768–774.

Tung-Nguyen, C.T., Son, R., Raha, A.R., Lai, O.M., Clemente Michael, W.V.L. (2009). Comparison of DNA extraction efficiencies using various methods for the detection of genetically modified organisms (GMOs). Int Food Research J. ,16:21–30.

Turhan, A., Kafkas, S. (2013). Soya ve Mısırda Genetiği Değiştirilmiş Ürünlerin Belirlenmesi. Çanakkale University, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 29(2): 80-89.

Turkec, A., Kazan, H., Karacanli, B., Lucas, S.J. (2015). DNA extraction techniques compared for accurate detection of genetically modified organisms (GMOs) in maize food and feed products. J Food Sci Technol, 52(8):5164–5171.

Turkec, A., Lucas, S.J., Karlik, E. (2016). Monitoring the prevalence of genetically modified (GM) soybean in Turkish food and feed products. Food Control, 59: 766-772.

Vijayakumar, K.R., Martin, A., Gowda, L.R., Prakash, V. (2009). Detection of genetically modified soya and maize: impact of heat processing. Food Chem., 117: 514–521.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 29/01/20
Kabul/Accepted: 21/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.681808

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Türkiye'de Pamuk Üretimi İle Fiyatı Arasındaki İlişkinin Koyck Yaklaşımı İle Analizi

Analysis of the Relationship Between Cotton Production and Prices by using Koyck Approach in Turkey

Seymur AĞAZADE

Öz

Bu çalışmada, Türkiye için pamuk üretim miktarı ile pamuk reel fiyatları arasındaki ilişkinin gecikmesi dağıtılmış modellerden olan Koyck yaklaşımı çerçevesinde incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'de pamuk yetiştirilen 19 ile ait veri seti ve panel veri yöntemleri kullanılmıştır. Pamuk reel fiyatları, her ile ait nominal pamuk fiyatları ile Türkiye geneline ait tüketici fiyatları endeksi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada panel veri yatay kesit bağımlılığına yönelik yapılan incelemede farklı illere ait hem pamuk üretim miktarı hem de pamuk reel fiyat serileri arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Bu korelasyonun pamuk üretim miktarı için %21.6 ve reel pamuk fiyatları için %90.4 oranında olduğu görülmüştür. Panel birim kök testine ait bulgular, pamuk üretim miktarı ve pamuk reel fiyatı serilerinin durağan olduğunu desteklemiştir. Bu sonuç hem pamuk üretim miktarı hem de reel pamuk fiyatı serisinin meydana gelen dış şoklardan sonra kendi uzun dönem düzeylerine dönme eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir. Panel veri sabit etkiler modelinin temel varsayımlarına ilişkin tespit edilen sorunlar dikkate alınarak, pamuk üretim fonksiyonu dirençli standart hatalara dayanan ve otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığının varlığında da etkin sonuçlar sağlayan bir yaklaşım çerçevesinde tahmin edilmiştir. Koyck yaklaşımı çerçevesinde yapılan panel veri sabit etkili model tahmin sonuçları ise reel pamuk fiyatında meydana gelen %1'lik bir değişmenin pamuk üretim miktarını aynı yıl %0.31 oranında ve aynı yönde etkilediğini göstermiştir. Reel pamuk fiyatındaki bu değişim 1 ve 2 yıl sonraki pamuk üretim miktarını sırasıyla %0.26 ve %0.22 oranında etkilemektedir. Çalışmada, pamuk reel fiyatında meydana gelen değişmenin pamuk üretim miktarına yansıması için gereken ortalama süre ise 4.99 yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk üretim miktarı, Reel pamuk fiyatı, Koyck yaklaşımı, Panel veri, Türkiye

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Seymur AGAZADE, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Alanya / Antalya, Türkiye. E-mail: seymur.agazade@alanya.edu.tr OrcID: 0000-0001-5484-5189
Atıf/Citation: AGAZADE , S. Türkiye'de Pamuk Üretimi İle Fiyatı Arasındaki İlişkinin Koyck Yaklaşımı İle Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 386-399.
©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

In this study, the relationship between the amount of cotton production and real cotton prices was investigated for Turkey in the framework of Koyck approach, one of the distributed lag models. For this purpose, data for the 19 cotton grown provinces of Turkey and panel data methods were used. Cotton real prices were calculated using the nominal cotton prices of each province and the consumer price index of Turkey in general. Panel data cross-sectional dependency analyses show that there are positive correlations between both the amount of cotton production and real price series of different provinces. This correlation was found to be 21.6% for cotton production and 90.4% for real cotton prices. Findings of panel unit root tests supported that cotton production and cotton real price series were stationary. This result supports that both series return to their long run levels after external shocks. Taking into account the problems related to the basic assumptions of the fixed effects model, the cotton production function was estimated in the context of an approach, which is based on robust standard errors and provides efficient results in the presence of autocorrelation, heteroscedasticity and cross-sectional dependence. The findings of the panel data fixed effect model estimated within the framework of the Koyck approach showed that a 1% change in the real cotton price affected cotton production in the same direction by 0.31% in the same year. Furthermore, this change in real cotton price affects cotton production by 0.26% and 0.22% after 1 and 2 years, respectively. Finally, the average time required to reflect the real cotton price changes on the production was calculated as 4.99 years.

Keywords: Cotton production amount, Real cotton price, Koyck approach, Panel data, Turkey

1. Giriş

Türkiye dünya pamuk üretiminin ülkeler sıralamasında üst sıralarda yer alan ülkelerden biridir. Buna göre 2018/2019 döneminde Hindistan, ABD, Çin, Brezilya ve Pakistan'dan sonra Türkiye altıncı sırada gelmektedir. Bu çalışmada, önemli miktarda pamuk üretiminin yapıldığı Türkiye için pamuk üretim miktarı üzerinde pamuk fiyatlarının etkisi araştırılmıştır. Bilindiği gibi, tarım ürünlerinin üretimi cari dönemdeki fiyatların yanı sıra önceki dönemlere ait fiyatlara da önemli derecede duyarlı olabilmektedir. Buna ilişkin olarak, iktisat teorisinde örümcek ağı teoremi olarak bilinen yaklaşım da, özellikle tarım ürünlerinde üretime ilişkin verilen kararlarda önceki döneme ait fiyat düzeyinin dikkate alınması ile üretim miktarının ve fiyatların sergileyebileceği dalgalanmaları açıklamaya çalışmaktadır. Tarım ürünlerinin bu özelliğine bağlı olarak, gecikmesi dağıtılmış modeller üretim miktarı ve fiyat ilişkisinin incelenmesinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu nedenle, gecikmesi dağıtılmış modeller tarım ürünlerine ilişkin tahminlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada uygulanan Koyck (1954) yaklaşımı da, ilgili literatürde en yaygın şekilde kullanılan gecikmesi dağıtılmış modeller arasında yer almaktadır.

Türkiye için pamuk fiyatlarının pamuk üretimi üzerindeki etkisi sınırlı sayıda çalışmada incelenmiştir. Pamuk üretiminin fonksiyonel analizine yönelik kısıtlı sayıdaki çalışmanın da ağırlıklı olarak ürün maliyeti ve üretim tekniklerinin incelenmesi konularına yoğunlaştığı görülmektedir (Semerci ve Çelik, 2018). Pamuk fiyatlarının pamuk üretim miktarı üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalara Yurdakul (1998), Aktaş (2006), Özer ve ark. (2014) Karaman ve ark. (2015), Özüdoğru ve Miran (2015), Önder (2017) ve Eski ve Kayalak (2018) gibi çalışmalar örnek verilebilir. Dünya pamuk sektörünün temel sorununu, fiyatlarda ortaya çıkan dalgalanmalar ve düşüş eğilimleri şeklinde ifade eden Özer ve İlkdoğan (2013) ise, pamuk fiyatlarındaki istikrarsızlığın etkilerinin azaltılabilmesi için gelecekte oluşacak pamuk fiyatının önemini vurgulamış ve buna yönelik tahminler yapmışlar. Belirtilen araştırmalardan birinde Önder (2017), Türkiye'nin dört üretim bölgesine ait panel veri kullanmıştır. Diğer çalışmalarda yapılan analizlerde ise, zaman serisi yöntemleri kullanılmış olup yapılan analizler genellikle sınırlı gözleme dayanmaktadır. Belirtilen çalışmalardan Eski ve Kayalak (2018) hariç diğerlerinde pamuk nominal fiyatları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada ise, pamuk üretim miktarı ile reel fiyatı arasındaki ilişki çok daha kapsamlı bir veri seti kullanılarak incelenmiştir. Yurdakul (1998), Koyck (1954) modelini kullanmıştır. Fakat gözlem sayısı oldukça kısıtlıdır. Koyck (1954) modelinin tarım ürünlerine ilişkin tahminlerde yaygın şekilde kullanıldığı Dikmen (2006), Erdal (2006), Özçelik ve Özer (2006), Erdal ve Erdal (2008), Çetinkaya (2012), Doğan ve ark. (2014), Çelik (2014 ve 2015), Özbay ve Çelik (2016), Akgül ve Yıldız (2016), Arısoy ve Bayramoğlu (2017) ve Berk (2017) gibi çalışmalardan da anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda farklı tarım ürünlerinin fiyatlarının üretim miktarları üzerindeki etkisi belirtilen model çerçevesinde tahmin edilmiştir.

Gecikmesi dağıtılmış modeller iktisadi değişkenleri kapsayan çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmakta olup kurumsal, psikolojik, yapısal olmak üzere birçok nedenden dolayı ortaya çıkabilecek olan değişkenlerin gecikmeli etkilerinin de modellenmesine imkân tanımaktadır. Fakat bu modellerde bağımsız değişkene ait gecikmeli değerlerin açıklayıcı değişken olarak yer alması çoklu bağlantı sorununa neden olabilmektedir. Ayrıca gecikmesi dağıtılmış modellerin kullanımı ile yapılan tahminler önemli gözlem kaybına da yol açabilmektedir. Koyck (1954) yaklaşımı ise, bu sorunlara neden olmadan ilgili modelin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. Pamuk reel fiyatlarının kullanılmasının yanı sıra bu çalışmanın önemli bir diğer üstünlüğü de yukarıda da belirtildiği gibi oldukça geniş bir veri setine dayanmasıdır. Çalışmada Türkiye'nin pamuk yetiştirilen 19 ilinin 1991-2018 yıllarını ait kütlü pamuk üretim miktarı ve fiyatı verileri kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Türkiye'de pamuk üretimi, verimliliği ve fiyatları

Şekil 1'de 1991-2018 yıllarında Türkiye'de pamuk ekili alanların seyri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 1990'lı yılların başlarında pamuk ekili alan 6 milyon dekar düzeyindedir. 1995 yılında önemli bir artış yaşanmış olup bu alan 7.57 milyon dekara çıkmıştır. Fakat sonraki yıllar için genel olarak bir azalma eğiliminin olduğu söylenebilir. Bu azalma eğilimi 2009 yılına kadar devam etmiş olup ekili alanları 4.20 milyon dekar düzeyine kadar azaltmıştır. Türkiye'nin pamuk ekili alanları bu yıldan sonra ise dalgalanmalar göstermekle birlikte daha yatay bir eğilim sergilemiştir. 2018 yılına ait değer 5.19 milyon dekar olmuştur. Bu alan 1991 yılı değeri ile karşılaştırıldığında ekili alanların yaklaşık olarak %13 azaldığı ortaya çıkmaktadır.

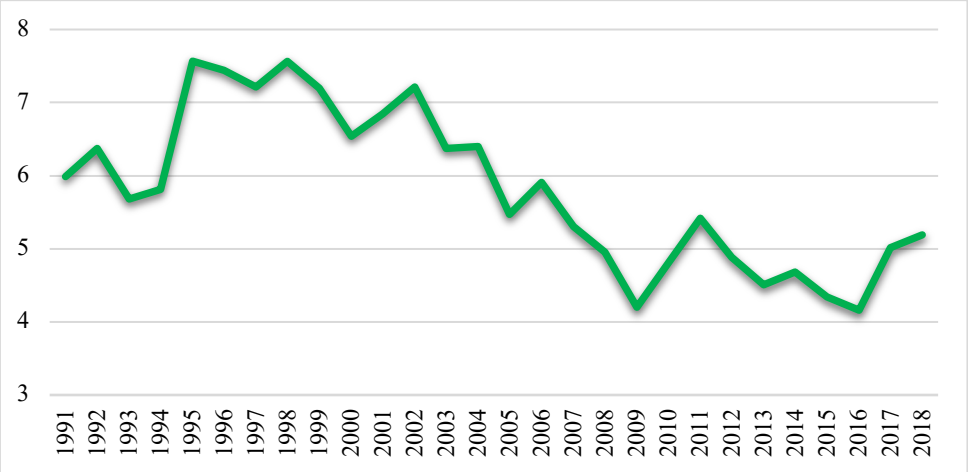


Figure 1. Cotton cultivated area (million decares)

Şekil 1. Pamuk ekili alan (milyon dekar) (TÜİK , 2019a)

Türkiye'de pamuk üretiminin 1991-2018 yıllarına ait seyri ise *Şekil 2*'de verilmiştir. Görüldüğü üzere *Şekil 1*'de ifade edilen ekili alanların aksine üretim miktarları belirtilen dönemde genel olarak pozitif eğime sahiptir. Bu durum öncelikli olarak ekili alan birimi başına üretim cinsinden verimliliğin de belirtilen dönemde bir artış eğilimine sahip olacağını göstermektedir. *Şekil 2*'den görüldüğü üzere 1991 yılında Türkiye'de kütlü ve lif pamuk üretim miktarları sırasıyla 1.51 ve 0.56 milyon ton düzeyindedir. 2006 yılına kadar daha belirgin bir artış eğiliminin olduğu söylenebilir. Bu yılda kütlü ve lif pamuk üretim miktarları sırasıyla 2.55 ve 0.98 milyon ton olmuştur. 2007-2009 yıllarında ise üretimde önemli düşüşle yaşanmıştır. Şekil 1'den görüldüğü üzere aynı yıllarda pamuk ekili alanlarda da keskin azalmalar yaşanmıştır. 2010 yılı ile birlikte üretim miktarının toparlandığı görülmektedir. 2018 yılında ise pamuk üretim miktarları kütlü ve lif pamuk için sırasıyla 2.57 ve 0.98 milyon ton olmuştur. 1991 yılı değerleri ile karşılaştırıldığında bu üretim miktarları kütlü ve lif pamuk üretiminin sırasıyla %70 ve %75 oranında arttığına işaret etmektedir.

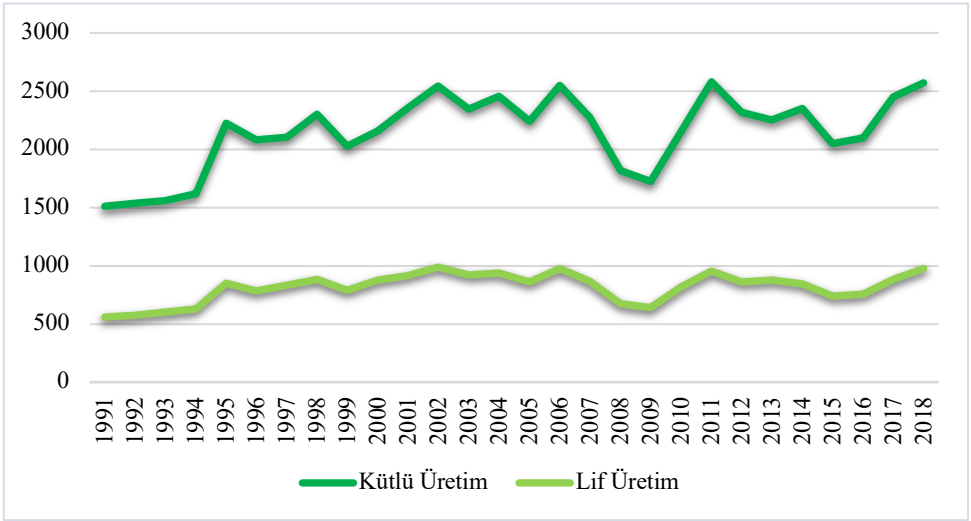


Figure 2. Cotton production (thousand tons)

Şekil 2. Pamuk üretimi (bin ton) (TÜİK , 2019a)

Pamuk üretiminin illere göre dağılımına bakıldığında özellikle Şanlıurfa, Aydın, Hatay, Diyarbakır, Adana ve İzmir'in ön plana çıktığı görülmektedir. *Tablo 1*'de de sunulan 2018 kütlü pamuk üretimi verilerine göre Şanlıurfa yaklaşık olarak 1.03 milyon ton ile Türkiye genelindeki üretimin yaklaşık olarak %39.99'unu gerçekleştirmektedir. Belirtilen altı ilin aynı yıla ait toplam üretimi ise Türkiye genelindeki üretimin %84.73'üne karşılık gelmektedir.

Tablo 1. İllere göre pamuk üretim miktarı, ekili alan ve verim (2018)
Table 1. Cotton production amount, cultivated area and yield by provinces (2018)

	Üretim miktarı (ton)	Ekili alan (dekar)	Verim (kg/dekar)
Adana	206143	362543	569
Adıyaman	40635	80061	508
Antalya	24832	49754	499
Aydın	279377	536891	520
Balıkesir	851	1911	445
Batman	2982	5298	563
Denizli	42517	84442	504
Diyarbakır	244497	480368	509
Gaziantep	38525	74280	519
Hatay	263901	485394	544
Iğdır	4275	9727	439
Kahramanmaraş	44931	85068	528
Kilis	2073	4608	450
Manisa	61192	102634	596
Mardin	56916	107819	528
Mersin	31117	52216	596
Muğla	2860	6035	474
Osmaniye	2209	4442	497
Siirt	1003	2133	470
Çanakkale	17	47	362
İzmir	156077	277434	563
Şanlıurfa	1027625	2314303	444
Şırnak	35445	58934	601

Kaynak: **(**TÜİK , 2019a)

Şekil 1 ve *Şekil 2*'de sunulan verilerden hareketle elde edilebilecek olan pamuk için ekili alan verimliliğinin seyri ise *Şekil 3*'te sunulmuştur. Görüldüğü üzere hem kütlü hem de lif pamukta dekar başına düşen üretim miktarı 1991-2018 yıllarında pozitif eğime sahip olmuştur. 1999 ve 2008 yıllarında belirgin düşüşlere rağmen arazi verimliliğindeki artışın bir süreklilik gösterdiği söylenebilir. Grafikten görüldüğü üzere 1991 yılında kütlü ve lif pamuk için verimlilik dekar başına sırasıyla 253 ve 93 kilogram iken 2018 yılında 496 ve 188 kilogram olmuştur. Bu rakamlar kütlü ve lif pamuk verimliliğinde %96 ve %102 oranında artışa karşılık gelmektedir

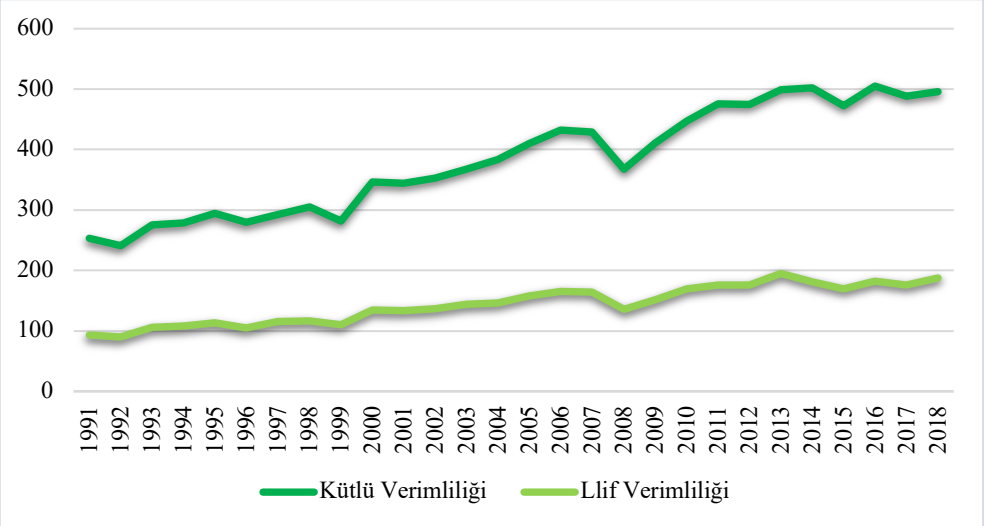


Figure 3. Cotton productivity (kilograms per decare)

Şekil 3. Pamuk verimliliği (dekar başına kilogram) *(TÜİK , 2019a)*

Şekil 4'te Türkiye geneli için pamuk kilogram fiyatları verilmiştir. Burada reel fiyatın elde edilmesi için TÜFE (2010=100) değerlerinden yararlanılmıştır. Grafikte görüldüğü üzere Türkiye'de kilogram başına pamuk çiftçinin elde ettiği meblağ 2004 yılına kadar nominal olarak artmıştır. Fakat 2004-2009 yıllarında nominal pamuk fiyatı yatay bir seyre sahiptir. 2010 ve 2011 yıllarında ise önemli fiyat artışlıları yaşanmıştır. 2018 yılına ilişkin pamuk fiyatı ise 2.38 lira olmuştur. Şekilde ifade edilen pamuk reel fiyat serisinin seyrine bakıldığında ise 2009 öncesi yıllarda genel olarak negatif bir eğimin olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'de pamuk üreticisi için, kilogram başına elde ettiği parasal miktarın TÜFE cinsinden ölçülen hayat pahalılığı karşısında değerinin azaldığını göstermek gibi dezavantajlı bir durumu ifade etmektedir. 2009 ve 2010 yıllarında nominal fiyatta olduğu gibi reel fiyatta da önemli artışlar olmuştur. Fakat 2011 yılındaki düşüşten sonra reel fiyat düzeyi yatay bir seyir göstermiştir. Bu durum belirtilen yıllarda nominal pamuk fiyatındaki artışların yaklaşık olarak TÜFE enflasyonu düzeyinde olduğunu göstermektedir. 1991 ve 2018 yıllarına ait reel fiyatlar karşılaştırıldığında bu fiyatın yaklaşık olarak %48 oranında azaldığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum *Şekil 3*'te gösterilen dekar başına kilogram cinsinden ölçülen verimlilik değerlerinin aynı dönemde yaklaşık olarak %100 artması ile birlikte değerlendirildiğinde çiftçinin dekar başına elde ettiği reel gelirde pek bir değişikliğin olmadığı anlaşılmaktadır.

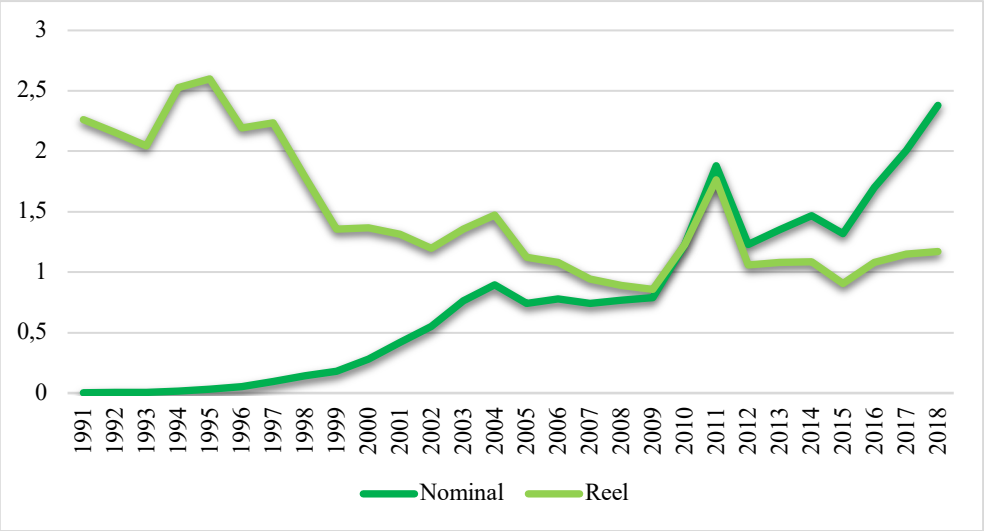


Figure 4. Cotton prices

Şekil 4. Pamuk fiyatları (*TÜİK , 2019b)*

2.2. Ekonometrik Yöntem

2.2.1. Koyck yaklaşımı

Tarım ürünlerinin üretiminde üreticilerin miktara ilişkin kararları ürünün cari dönem fiyatının yanı sıra daha önceki dönemlerdeki fiyatlarından da önemli derecede etkilenebilmektedir. Cari dönem fiyatı da gelecek dönemlerde yetiştirilmesi planlanan ürün miktarına ilişkin kararlarda etkili olmaktadır. Bu şekilde ürüne ait cari dönem fiyatın yanı sıra geçmiş dönem fiyatların, başka bir ifade ile fiyatların gecikmeli değerlerinin de üretim miktarı üzerinde etkili olduğu durumlarda üretim miktarlarına ilişkin yapılan tahminlerde gecikmesi dağıtılmış modeller yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de pamuk üretim miktarına ilişkin yapılan tahminler de gecikmesi dağıtılmış modellerden olan Koyck yaklaşımı çerçevesinde yapılmıştır. Bu yaklaşım aşağıda ifade edilen tek açıklayıcı değişkenli gecikmesi sonsuz dağıtılmış modelden hareketle açıklanabilir (Gujarati ve Porter, 2012) :

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-3} + \cdots + u_t \qquad \text{(Eş.1)}$$

Eşitlikte görüldüğü gibi y_t değişkeni x_t değişkeni ve sonsuz sayıdaki gecikmesi ile açıklanmaktadır. Koyck(1954) 1 numaralı eşitlikle gösterilebilen gecikmesi sonsuz dağıtılmış modelde yer alan bütün β

katsayılarının aynı işaretli olduğunu ve bu katsayıların geometrik bir şekilde eşitlik 2'de ifade edildiği gibi azaldığını varsaymıştır:

$$\beta_k = \beta_0 \lambda^k \quad k = 0, 1, \ldots \qquad \text{(Eş.2)}$$

Burada λ gecikmeli değişkenlere ait katsayıların azalma oranı olup $0 < \lambda < 1$'dir. $1 - \lambda$ ise uyarlama hızını ifade etmektedir. λ katsayısının 1'den küçük olması her sonraki gecikmeye ait β katsayısının öncekinden düşük olmasına neden olmaktadır. Koyck modelinde ortalama gecikme süresi ise $\lambda/(1 - \lambda)$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Koyck (1954), önce gecikmesi sonsuz dağıtılmış modelde β katsayılarına ilişkin yukarıdaki dönüşümü gerçekleştirmiştir. Bu durumda 1 numaralı eşitlikle gösterilen model aşağıdaki şekilde (Eş.3) ifade edilebilir:

$$y_t = \alpha + \beta_0 \lambda^0 x_t + \beta_0 \lambda^1 x_{t-1} + \beta_0 \lambda^2 x_{t-2} \ldots + u_t \qquad \text{(Eş.3)}$$

Ardından bu modelin bir dönem gecikmeli değerleri için oluşturmuş formunu λ ile çarparak ikinci bir denklem (Eş.4) oluşturur:

$$\lambda y_{t-1} = \lambda\alpha + \beta_0 \lambda^1 x_{t-1} + \beta_0 \lambda^2 x_{t-2} + \beta_0 \lambda^3 x_{t-3} \ldots + \lambda u_{t-1} \qquad \text{(Eş.4)}$$

Son olarak 3 ve 4 numaralı eşitliklerin farkını kullanarak Koyck modeli olarak bilinen aşağıdaki modele ulaşır (Eş.5):

$$y_t = \alpha(1 - \lambda) + \beta_0 x_t + \lambda y_{t-1} + v_t \qquad \text{(Eş.5)}$$

Görüldüğü üzere 5 numaralı eşitlikte açıklayıcı değişken olarak 1 numaralı eşitlikle ifade edilen gecikmesi sonsuz dağıtılmış modeldeki bağımsız değişkenin kendisi yani x_t ve bağımlı değişkenin bir dönem gecikmesi yani y_{t-1} yer almaktadır.

2.2.2. Panel veri sabit etkiler modeli

Bu çalışmada Türkiye'de pamuk üretim miktarı için yapılan tahmin panel veri seti kullanılarak yapılmıştır. Panel veri model seçim testleri sonucunda sabit etkiler modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Türkiye'de pamuk üretim miktarı ve fiyatlarına ait 1991 yılı öncesi verilerine ilişkin erişim sorunları veya bu verinin mevcut olmamasından dolayı sınırlı gözlem sayısı dikkate alındığında zaman serisi yöntemlerine nispeten panel veri yöntemlerinin önemli avantajları ortaya çıkmaktadır. Pamuk yetiştirilen birçok ile ait üretim ve aynı zamanda illere göre farklılaşan fiyatlara ilişkin verilerin mevcut olması panel veri yöntemlerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bilindiği gibi panel veri daha çok gözlem sayısına imkân verdiğinden dolayı daha çok bilgi içermesi, daha değişken olması, açıklayıcı değişkenler arasında çoklu doğrusalığın daha az olması, serbestlik derecesinin daha yüksek olması ve tahminlerin daha etkin ve güvenilir olması gibi birçok avantaja sahiptir. Bunun yanı sıra panel veri setine dayanan tahminlerde birimlerin ya da yatay kesitlerin birbirinden farklı olmaları yani türdeş olmamalar modellenebilmektedir.

Yukarıda da ifade edildiği gibi bu çalışmada panel veri sabit etkiler yöntemi kullanılmıştır. Panel veride farklı birimler veya yatay kesitler mevcut olduğundan dolayı her birime ilişkin gözlemlenemeyen etkiler olabilir. Panel veri tesadüfi etkiler modelinde bu gözlemlenemeyen etkilerin hata terimi gibi tesadüfi bir değişken olduğu varsayılır. Bu durumda modele ilişkin sabit terimin büyük bir ana kitleden tesadüfi olarak çekildiği düşünülür. Sabit etkiler modelinde ise gözlemlenemeyen etkilere her bir birime ilişkin bir katsayı ile modellenmektedir. Bu nedenle sabit etkiler modeli kukla değişkenli en küçük kareler modeli olarak da bilinmektedir. İlave olarak tesadüfi etkiler modelinde birim etkiler ile açıklayıcı değişkenlerin korelasyonsuz, sabit etkiler modelinde ise korelasyonlu olduğu varsayılır. Tek açıklayıcı değişken için sabit etkiler modeli aşağıdaki eşitlik 6 ile ifade edilebilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \qquad \text{(Eş.6)}$$

Burada i paneldeki birimleri, t ise dönemleri göstermektedir. Her bir birime ait sabit terim birbirinden farklı olabileceği için α parametresinin indisinde de i yer almaktadır. Yukarıda ifade edilen model, birimlere ilişkin $i-1$ sayıda kukla değişkenle tahmin edildiğinden her bir birime özgü farklı sabit terime ulaşılabilmektedir.

2.2.3. Birimler arası korelasyon ve durağanlık testleri

Model tahminine geçmeden önce çalışmada verilerin durağanlık özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Çünkü panel veride de durağan olmayan serilerle yapılan tahminler yanıltıcı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir. Panel birim kök testleri ise yatay kesitlerin korelasyonlu olup olmadığına ilişkin farklı varsayımlar içermektedir. Bu nedenle çalışmada pamuk üretim miktarı ve pamuk fiyatı değişkenleri için birimler arası korelasyon Pesaran (2004) CD testi uygulanarak incelenmiş ve test sonuçları doğrultusunda birimler arası korelasyonun varlığı dikkate alınarak uygun birim kök testi kullanılmıştır. Pesaran (2004) dengesiz paneller için $\sqrt{\frac{2}{N(N-1)}}\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\sqrt{T_{ij}}\hat{\rho}_{ij}$ istatistiğini önermiştir. Burada $\hat{\rho}_{ij}$ korelasyon katsayılarını, N yatay kesit sayısını ve T_{ij} ise korelasyon katsayısı hesaplanan gözlem sayısını göstermektedir.

Birimler arası korelasyon test edildikten sonra çalışmada pamuk üretim miktarı ve reel pamuk fiyatları değişkenlerinin durağanlık özellikleri yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Pesaran (2007) panel birim kök testi kullanılarak incelenmiştir. Yatay kesit ADF (CADF) olarak bilinen bu teste ait temel modeller ADF (Genişletilmiş Dickey ve Fuller, 1981) birim kök testine ait modellere dayanmaktadır. Pesaran (2007) CADF testi temel modelinde birimler arası korelasyon yatay kesit ortalamaların gecikmeli değerleri ile modellenmektedir. Hata terimlerinde, yatay kesit ortalaması gecikmeli değerine ve birinci farkına ilişkin faktör yapısında otokorelasyon sorununu gidermek amacıyla modele bağımlı değişkenin ve yatay kesit ortalamalarının farkının gecikmeleri eklenir. CADF temel modeli aşağıdaki eşitlik 7 ile ifade edilebilir (Pesaran, 2007):

$$\Delta y_{it} = a_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^{p} d_{ij}\,\Delta\bar{y}_{t-j} + \sum_{j=1}^{p}\delta_{ij}\Delta y_{i,t-j} + e_{it} \qquad \text{(Eş.7)}$$

Burada $\bar{y}_t$ tüm N sayıdaki gözlemin ortalamasıdır. Durağanlık testinin sonuçları panelde yer alan her bir yatay kesit için belirlenen b katsayısına ilişkin hesaplanan t istatistiğine göre değerlendirilebilmektedir. $CIPS$ istatistiki ise bu t istatistiklerin ortalaması şeklinde ($\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} CADF_i$) hesaplanmaktadır. Teste ait hipotezler ise $H_0: b_i = 0$ ve $H_1: b_i < 0\ \ i = 1, 2, \dots, N_1;\ b_i = 0\ \ i = N_1+1, N_1+2, \dots, N$ şeklinde ifade edilebilir. Burada sıfır hipotezi paneldeki her bir birime ait verinin birim kök içerdiği ve alternatif hipotez ise en az bir panel birimi için verinin birim kök içermediğini ifade etmektedir. Teste ait kritik değerler ise Pesaran (2007) çalışmasında bulunmaktadır (Ağazade, 2016).

2.2.4. Panel veri tahmin yönteminin seçimi

Durağanlık incelemesinin ardından Koyck yaklaşımı çerçevesinde Türkiye'de pamuk üretim miktarı için oluşturulan model için panel veri sabit etkiler ve tesadüfi etkiler yöntemlerinden hangisinin uygun olduğunu belirlemek amacıyla Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Daha önce de ifade edildiği gibi tesadüfi ve sabit etkiler modelleri arasında birim etkiler ile açıklayıcı değişkenlerin korelasyonlu olup olmamasına ilişkin fark bulunmaktadır. Hausman (1978) testi de bu korelasyonun incelenmesine dayanmaktadır. Test istatistiği $H = (\hat{\theta}_f - \hat{\theta}_r)'\left[C(\hat{\theta}_f) - C(\hat{\theta}_r)\right]^{-1}\hat{\theta}_f - \hat{\theta}_r$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada $\hat{\beta}_f$ ve $\hat{\beta}_r$ sırasıyla sabit etkiler ve tesadüfi etkiler modellerine ait katsayılardır. $C(\hat{\beta}_f)$ ve $C(\hat{\beta}_r)$ ise ilgili modellerden elde edilen asimptotik varyans kovaryans matrisleridir (Greene, 2016). Hausman (1978) testine ait sıfır hipotezi modelin hata terimleri ile açıklayıcı değişkenlerinin korelasyonsuz, alternatif hipotez ise korelasyonlu olduğunu ifade etmektedir. Bu durumda sıfır hipotezinin geçerli olması durumunda tesadüfi etkili, alternatif hipotezin geçerli olması durumunda ise sabit etkili model sonuçları geçerli olacaktır.

2.2.5. Sabit etkili modele ilişkin temel varsayımların incelenmesi

Hausman (1978) testi sonuçları doğrultusunda Türkiye'de pamuk üretim miktarı için Koyck yaklaşımı çerçevesinde oluşturulan model sabit etkiler yöntemine göre tahmin edilmiştir. Bu model için birimler arası değişen varyans sorunu değiştirilmiş Wald, otokorelasyon sorunu Bhargava ve ark.'ın (1982) Durbin-Watson (DW, Baltagi ve Wu'nun (1999) yerel en iyi değişmezlik (LBI) testleri ile incelenmiştir. Birimler arası korelasyonun incelenmesi ise daha önce de bahsedildiği gibi Pesaran (2004) CD testine dayanmaktadır.

Değiştirilmiş Wald test istatistiği $W = \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(\hat{\sigma}_i^2 - \sigma^2\right)^2}{Var_i}$ şeklinde hesaplanmakta olup teste ait temel hipotez hata terimlerinin varyansının panel birimlerine göre sabit olduğunu ifade eder. Küçük standart sapmalara ve etkinlik sorununa neden olan otokorelasyon incelemesi için hesaplanan DW ve LBI test istatistiklerinin ise 2'den küçük olması durumu pozitif otokorelasyon sorununun varlığına işaret eder (Baltagi, 2013; Tatoğlu, 2012).

Koyck yaklaşımı çerçevesinde pamuk üretim miktarı modelinin sabit etkiler yöntemine göre yapılan tahmini için birimlere göre değişen varyans ve birimler arası korelasyon sorunlarının olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada belirtilen sabit etkiler modeli değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı problemlerinin varlığında dirençli tahminciler veren Driscoll ve Kraay'ın (1998) yaklaşımı kullanılmıştır. Driscoll ve Kraay (1998), metodolojisi yatay kesit ortalamaları serisi için Newey-West türü düzeltme yaparak kovaryans matris tahmincilerinin tutarlılığını garantilemektedir (Tatoğlu, 2012).

2.3. Veri Seti

Türkiye'de pamuk üretim miktarı ile pamuk fiyatları arasındaki ilişkinin incelendiği bu çalışmada panel veri seti kullanılmıştır. Veri seti, pamuk yetiştirilen 19 ile ait ton cinsinden yıllık kütlü pamuk üretim miktarları, kütlü pamuğun aynı illere ait kilogram fiyatları ve bu fiyatların reel dönüşümlerini sağlamak amacıyla kullanılan Türkiye geneline ait TÜFE (2010=100) değerlerinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamındaki iller Adana, Adıyaman, Antalya, Aydın, Balıkesir, Batman, Denizli, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Siirt, İzmir, Şanlıurfa ve Şırnak'tır. Araştırma dönemi 1991-2018 yıllarını kapsamaktadır. İllerde yetiştirilen pamuk üretim miktarlarının ve fiyatlarının bazı yıllara ait verileri bulunmadığından çalışmada yapılan tahminler dengesiz panel veriye dayanmaktadır. Pamuk üretim miktarı ve fiyatına ait veriler TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri ile Tarımsal Fiyat ve Ekonomik Hesaplar veri tabanlarından alınmıştır (TUİK, 2019 b,c).

Yukarıda da ifade edildiği gibi bu çalışmada, hayat pahalılığının bir göstergesi olarak TÜFE kullanılarak pamuk fiyatlarının reel dönüşümleri yapılmış ve pamuk üretimi için miktar ve fiyat ilişkisi analizinde reel pamuk fiyatlar kullanılmıştır. Burada amaç, özellikle yüksek ve değişken enflasyonun yaşandığı dönemlerde, fiyatlar genel düzeyindeki değişmeleri hesaba katmadan belirli bir ürünün fiyatında ortaya çıkan değişimlerin, bu ürünü arz ve talep edenlerin kararlarında etkili olacak derecede önemli bir bilgiyi ifade etmemesi gibi bir sorunun üstesinden gelmektir. Bu çalışmada, 1991-2018 olmak üzere 29 yıllık bir döneme ait veri kullanılmıştır. 1990'lı yıllarda Türkiye'de enflasyon oranları hayli yüksek olmuştur. 2000'li yıllarda ise bu oranın tek haneli rakamlara indiği gözlemlenmiştir. Fiyatlar genel düzeyindeki veya hayat pahalılığındaki artışın bu şekilde değişken olduğu bir dönemde belirli bir ürün için üretim miktarı ve fiyat ilişkisi incelenirken analizlerde nominal fiyatların kullanılması yanıltıcı veya pek de bir bilgi ifade etmeyen sonuçların elde edilmesine neden olabilir. Çünkü malların üretim veya talep miktarına ilişkin verilen kararlar, nominal fiyatlardan çok nispi yani malların diğer mallar cinsinden fiyatlarına ya da reel fiyatlarına göre verilebilmektedir. Bu nedenle, çalışmada pamuk için enflasyondan arındırılmış ya da reel dönüşümü yapılmış fiyat serisi oluşturulmuş ve üretim miktarı ve fiyat ilişkisine yönelik analizlerde bu seri kullanılmıştır. Reel fiyatları elde etmek için TÜFE(2010=100) değerlerinden yararlanılmış olup bu seri ($nominal\ fiyat * 100/T\ddot{U}FE$) şeklinde hesaplanmıştır. Böylelikle 2010 yılı pahalılık düzeyi ile hesaplanan pamuk fiyat serisi elde edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Birimler arası korelasyon ve birim kök testlerine ait sonuçlar

Çalışmada ton cinsinden pamuk üretim miktarı kilogramla ifade edilerek analizlerde logaritmik değerleri kullanılmıştır. Ayrıca illere ait kütlü pamuk kilogram fiyatları ile TÜFE değerleri kullanılarak pamuk için reel fiyat değişkeni oluşturulmuştur.

Pamuk üretim miktarı logaritmik serisi (LQ) ve reel pamuk fiyatları serisi (RP) için panel birimleri arasında yatay kesit bağımlılığının incelendiği Pesaran (2004) CD testi ve ikinci nesil panel birim kök testlerinden Pesaran (2007) CADF testi bulguları *Tablo 2*'de verilmiştir. Tabloda da ifade edildiği gibi her iki değişken için CD test istatistikleri panel birimlerinin korelasyonsuz olduğunu ifade eden sıfır hipotezini %1 anlamlılık düzeyinde reddetmektedir. Tabloda aynı zamanda her iki değişken için birimler arası ortalama korelasyon katsayısı da verilmiştir. Buna göre LQ değişkeni için araştırmaya dahil edilen iller arasında %21.6 ve RP değişkeni için %90.4 pozitif korelasyon mevcuttur. CD testi sonucuna dayanarak çalışmada uygulanan Pesaran (2007) CADF ikinci

nesil birim kök testine ait *Tablo* 2'de ifade edilen istatistikler de anlamlı bulunmuştur. LQ değişkeni için CADF istatistiği paneldeki her bir birime ait verinin birim kök içerdiğini ifade eden sıfır hipotezini %5, RP değişkeni için ise %1 düzeyinde reddetmektedir. Bu sonuçlara dayanarak Koyck yaklaşımı çerçevesinde pamuk üretimi için yapılan tahminlerde değişkenlerin seviye değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Birimler arası korelasyon ve panel birim kök testine ait sonuçlar

Table 2. Cross-sectional correlation and panel unit root test results

	CD	Korelasyon	CADF
LQ	14.8389*	0.216	-1.939**
RP	60.1011*	0.904	-9.532*

Not: * ve ** simgeleri ilgili istatistiğin sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde almalı olduğunu gösterir.

3.2. Türkiye'de pamuk için Koyck yaklaşımı panel veri tahmin sonuçları

Türkiye'de pamuk üretimi için Koyck modeli çerçevesinde oluşturulan model aşağıdaki Eşitlik 8 ile ifade edilebilir:

$$LQ_{it} = \alpha + \beta LP_{it} + \gamma LQ_{it-1} + v_{it} \quad \text{(Eş.8)}$$

Bu model için Hausman (1978) testi χ^2 istatistiği 54.9978 olarak bulunmuştur. Bu istatistik modelin hata terimlerinin ve açıklayıcı değişkenlerinin korelasyonlu olmadığını ve dolayısıyla tesadüfi etkiler modelinin geçerli olduğunu ifade eden sıfır hipotezini %1 anlamlılık düzeyinde reddetmektedir. Bu sonuca dayanarak yukarıda ifade edilen model sabit etkiler yöntemine göre tahmin edilmiştir.

Fakat bu tahmin sonuçlarına geçmeden önce modelde panel birimlerine göre değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon sorunları incelenmiştir. Değişen varyans için değiştirilmiş Wald test istatistiği %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve 1049.10 bulunmuştur. Bu bulgu modelde birimlere göre değişen varyans sorununun varlığına işaret etmektedir. Otokorelasyon sorununun incelenmesi için hesaplanan DW ve LBI istatistiklerinin sırasıyla 1.8684 ve 2.0720 olduğu görülmüştür. Bu istatistiklerin 2'ye yakın değerde olması ciddi otokorelasyon sorununun olmadığına işaret etmektedir. Birimler arası korelasyonu test etmek için hesaplanan Pesaran (2004) CD istatistiği ise 15.218 ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Dolayısıyla CD istatistiği model için yatay kesit bağımlılığının varlığına işaret etmektedir. Pamuk üretim miktarı için sabit etkiler modeli temel varsayımlarına ilişkin test sonuçları birimlere göre değişen varyans ve birimler arası korelasyona işaret ettiğinden sabit etkiler modeline ilişkin tahminde Driscoll ve Kraay (1998) dirençli standart hataları dikkate alınmıştır.

Türkiye'de pamuk üretimi için Koyck yaklaşımı çerçevesinde sabit etkili modelin tahmin sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Yapılan tahmin veride bazı gözlemlerin bulunmaması ve bağımlı değişken gecikmesinin neden olduğu veri kaybından dolayı 488 gözleme dayanmaktadır. Tablodan da görüldüğü üzere RP değişkenine ait katsayı pozitiftir. Bu katsayının değeri 0.2074 ve *t* istatistiği %1 düzeyinde anlamlıdır. Bağımlı değişkenin bir dönem gecikmesi yani $LQ(-1)$ değişkeni için bulunan katsayı değeri ise 0.8330'dur. Bu katsayı için *t* istatistiği de %1 düzeyinde anlamlıdır. Modele ait *F* istatistiği anlamlı ve R^2 değeri yaklaşık olarak %94 düzeyinde olmuştur. RP ve $LQ(-1)$ değişkenlerine ait tahmin edilen katsayılar şu şekilde değerlendirilebilir. Pamuk reel fiyatlarında 1 liralık bir değişme pamuk üretim miktarını aynı yönde yaklaşık olarak %20.74 oranında etkilemektedir. Reel pamuk fiyatına ilişkin ortalama değerin 1.5177 olması dikkate alındığında bu durum, pamuk reel fiyatında %1 oranındaki bir değişimin pamuk üretiminde aynı yönde %0.32'lik bir değişime neden olduğu şeklinde de ifade edilebilir. Pamuk üretim miktarında önceki yıl ortaya çıkan %1'lik değişme cari yıldaki miktarı aynı yönde ve yaklaşık olarak %0.83 oranında etkilenmektedir.

Türkiye'de pamuk üretim miktarı için panel veriye göre Koyck yaklaşımı çerçevesinde yapılan ve *Tablo 3*'te verilen tahminin ardından Pamuk üretim miktarı için gecikmesi dağıtılmış modelin tahminine geçilmiştir. Burada LQ değişkeni RP ve gecikmelerinin bir fonksiyonu olarak tahmin edilmiştir. Sabit etkilere göre tahmin edilen bu modelde optimal gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre 2 olarak belirlenmiştir. Gecikmesi dağıtılmış modele ilişkin tahmin sonuçları ise *Tablo 4*'te verilmiştir.

Tablo 3. Türkiye'de pamuk üretimi için Koyck yaklaşımı tahmin sonuçları

Table 3. Koyck approach estimation results for cotton production in Turkey

	Katsayı	Drisc/Kraay Std. S.	t istatistiği	p değeri
RP	0.2074	0.0553	3.75	0.001
$LQ(-1)$	0.8330	0.0472	17.65	0.000
Sabit	2.6527	0.8653	3.07	0.007

Tablo 4. Türkiye'de pamuk üretimi için gecikmesi dağıtılmış model tahmin sonuçları

Table 4. Estimation results of distributed lag model for cotton production in Turkey

	Katsayı	Drisc/Kraay Std. S.	t istatistiği	p değeri
RP	0.1188	0. 1251	0.95	0.355
$RP(-1)$	0.1679	0. 0727	2. 31	0.033
$RP(-2)$	0.1670	0.1075	1.55	0.138
Sabit	17.0830	0. 2412	70.82	0.000

Tablodan da görüldüğü üzere tahmin edilen modelde RP değişkeni ve tüm gecikmelerine ait katsayılar pozitiftir. Modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerden $RP(-1)$'e ait katsayılar %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Modele ait R^2 değeri Koyck modeli ile karşılaştırıldığında daha düşük ve yaklaşık olarak %81 olduğu görülmüştür. Daha önce de ifade edildiği gibi gecikmesi dağıtılmış modelin tahmini önemli miktarda gözlem kaybına neden olmaktadır. Sonuçları *Tablo 4*'te sunulan gecikmesi dağıtılmış model 430 gözleme dayanmaktadır. Bunun yanı sıra RP değişkenine ait gecikmelerin modelde yer alması çoklu bağlantı sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle pamuk üretim miktarının cari ve geçmiş yıllara ait reel fiyatlara göre tahmininin *Tablo 3*'te ifade edilen Koyck yaklaşımı katsayılarının kullanılması ile 2 numaralı eşitlik yardımıyla yapılması önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu durumda cari yıl ve 2 yıl gecikmeli reel fiyatlara ilişkin katsayılar aşağıdaki gibi olur:

$$\beta_0 = \lambda^0\beta_0 = 0.8330^0 * 0.2074 = 0.2074$$

$$\beta_1 = \lambda^1\beta_0 = 0.8330^1 * 0.2074 = 0.1728$$

$$\beta_2 = \lambda^2\beta_0 = 0.8330^2 * 0.2074 = 0{,}1439$$

Bu durumda Türkiye'de pamuk üretim miktarı için Koyck yaklaşımına dayanan gecikmesi dağıtılmış model de aşağıdaki eşitlik 9 şekilde yazılabilir:

$$LQ_{it} = 2.6527 + 0.2074RP_{it} + 0.1728RP_{it-1} + 0.1439RP_{it-2} \quad \text{(Eş.9)}$$

Buna göre reel pamuk fiyatında yani meydana gelen 1 liralık bir değişme pamuk üretimini aynı yıl %20.74 oranında ve aynı yönde etkilemektedir. Reel pamuk fiyatındaki bu değişme 1 ve 2 yıl sonraki üretimi ise sırasıyla %17.28 ve %14.39 oranında etkilemektedir. Pamuk reel fiyatına ait ortalama değer dikkate alındığında cari yıl, 1 ve 2 yıl öncesine ait fiyattaki %1'lik değişimin etkisi ise sırasıyla %0.31, %0.26 ve %22 olarak hesaplanmaktadır. $\lambda/(1-\lambda)$ şeklinde hesaplanan reel fiyat değişmelerinin üretim miktarına yansımasını ifade eden ortalama gecikme süresi ise 4.99 yıl olarak bulunmaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada pamuk üretim miktarı ile reel pamuk fiyatları arasındaki ilişki Türkiye'nin 19 ilinin 1991-2018 yıllarına ait veriler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada öncelikle araştırma döneminde üretim miktarı, ekili alan, verim ve fiyat serilerinin seyirleri incelenmiştir. Pamuk reel fiyatları ve ekili alan göstergelerinin seyri reel fiyatlarda 1990'lı yılların ikinci yarısında önemli düşüşlerin olduğunu ve ekili alanların da fiyat düşüşlerini takiben 2000'li yıllarla birlikte azaldığını göstermektedir. Fakat verim artışından dolayı, ekili alanlardaki azalma bu dönemde üretim miktarına yansımamıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda ise öncelikle Pesaran (2004) CD testi kullanılarak pamuk üretim miktarı ve reel pamuk fiyatları serileri için panel birimleri (iller) arasında yatay kesit bağımlılığı incelenmiştir. Bu teste ait bulgular her iki değişken için yatay kesit bağımlılığına işaret etmekte ve farklı illere ait üretim değerlerinin ve reel fiyat

değişkenlerinin korelasyonlu olduğunu göstermektedir. Yatay kesit bağımlılığın incelenmesinin ardından çalışmada birimler arası bağımlılığı modelleyen Pesaran (2007) panel birim kök testi aracılığı ile değişkenlerin durağanlık özellikleri incelenmiştir. Bu test ait bulgular her iki değişkenin seviyesinde durağan olduğunu desteklemiştir. Bu durum üretim miktarı veya reel pamuk fiyatını etkileyen dışsal şokların etkilerinin geçici olduğunu, serilerin uzun dönem düzeylerine dönme eğilimi gösterdiğini ifade etmektedir. Durağanlık incelemesinin ardından panel veri model seçim testleri uygulanarak Türkiye için pamuk üretim miktarı için oluşturulan model Koyck yaklaşımı çerçevesinde panel veri sabit etkili modele göre tahmin edilmiştir. Koyck yaklaşımı çerçevesinde elde edilen sonuçlar pamuk üretim miktarının reel fiyat esnekliğinin düşük ve fiyat değişmelerinin üretim miktarına yansıması için geçmesi gereken ortalama sürenin uzun olduğunu göstermiştir. Şöyle ki reel pamuk fiyatlarında ortaya çıkan %1'lik bir değişme cari yıl üretimini yaklaşık olarak %0.31 oranında aynı yönde etkilemektedir. Reel pamuk fiyatlarında 1 ve 2 yıl önce ortaya çıkan %1'lik değişmeler ise üretim miktarını sırasıyla %0.26 ve %0.22 oranında ve fiyat değişimleri ile aynı yönde etkilemektedir. Fiyatlarda ortaya çıkan değişmelerin üretim miktarına yansıması için gereken ortalama sürenin ise 4.99 yıl olduğu bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, pamuk üretiminin fiyat esnekliğinin düşük olduğuna ve üretim miktarının fiyat değişikliklerine uyum gösterme sürecinin ise önemli derecede uzun olduğuna işaret etmektedir. Özellikle girdi maliyetlerinde artışların ve arz koşullarının geliştirilmesini engelleyen kısıtların neden olabileceği bu durum dikkate alındığında üretim miktarının artırılmasına yönelik fiyat merkezli yaklaşımların önemli bir başarı sağlamayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, tarım sektörünün genelinde karşılaşıldığı gibi pamuk üretiminde de istihdamın, özellikle genç istihdamının düşük sosyal statü ile ilişkilendirilmesinin de fiyat ve üretim miktarı ilişkisinin zayıf kalmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

Ağazade, S. (2016). Doğu Avrupa geçiş ekonomilerinde rekabet ve gelir düzeyi ilişkisi. *Rekabet Dergisi* 66: 120-146.

Akgül, S., Yıldız, Ş. (2016). Yozgat'ta buğday üretimi ve fiyat ilişkisinin Koyck modeliyle analizi. *Bozok Üniversitesi Uluslararası Bozok Sempozyumu*. 5-7 Mayıs, Yozgat. 178-188.

Aktaş, E. (2006). Çukurova Bölgesi'nde pamuk arz duyarlılığının tahmini üzerine bir çalışma. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 12 (1): 3-8.

Arısoy, H., Bayramoğlu, Z. (2017). Determination of the effect of price fluctuation on producer income the case of potatoes. *Turkish Journal of Agriculture –Food Science and Technology* 5 (11): 1342-1349.

Baltagi, B.H. (2013). Econometric analysis of panel data. 5th ed., John Wiley and Sons Ltd., UK.

Baltagi, B.H., Wu, P.X. (1999). Unequally spaced panel data regressions with AR(1) disturbances. *Econometric Theory* 15 (6): 814-823.

Berk, A. (2017). The analysis of relationship sunflower production and its price by using Koyck model in Turkey. *Custos e@gronegocio on line* 13 (4): 42-53

Bhargava, A., Franzini, L., Narendranathan, W. (1982). Serial correlation and the fixed effects model. *The Review of Economic Studies* 49 (4): 533-549.

Çelik, Ş. (2014). Türkiye'nin kabuklu fındık üretiminde üretim-fiyat ilişkisinin Koyck yaklaşımı ile analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1 (4): 524-530.

Çelik, Ş. (2015). Koyck ve Almon gecikme modeli ile koyun sütü üretiminde üretim- fiyat ilişkisinin analizi: Türkiye örneği. *Akademik Bakış Dergisi* 50: 137-149.

Çetinkaya, Ş. (2012). Türkiye'nin son on yıllık buğday üretimindeki miktar-fiyat ilişkisinin ekonometrik analizi: Koyck-Almon tekniği. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi* 4 (1): 52-66.

Dickey, D.A., Fuller, W.A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica* 49 (4): 1057-1072.

Dikmen, N. (2006). Koyck-Almon yaklaşımı ile tütün üretimi ve fiyat ilişkisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 15 (2): 153-168

Doğan, H.G., Gürler, A.Z., Ayyıldız, B. (2014). Patates üretiminde üretim-fiyat ilişkisinin Koyck yaklaşımı ile analitik olarak değerlendirilmesi (TR71 bölgesi örneği). *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2 (1): 42-46.

Driscoll, J.C., Kraay, A.C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *The Review of Economics and Statistics* 80 (4): 549-560.

Erdal, G. (2006). Tarımsal ürünlerde üretim-fiyat ilişkisinin Koyck yaklaşımı ile analizi (domates örneği). G*aziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 23 (2): 17-24.

Erdal, G., Erdal, H. (2008). Kuru soğanda üretim fiyat etkileşimi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 25 (1): 33-39.

Eski, Ö., Kayalak, S. (2018). Türkiye'de pamuk üretimi için bir öngörü modeli Var yaklaşımı. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 6: 131-137.

Greene, W.H. (2016). Ekonometrik çözümleme. Yedinci baskıdan çeviri, Palme Yayıncılık, Ankara.

Gujarati, D.N., Porter, D.C. (2012). Temel ekonometri. Beşinci baskıdan çeviri, Literatür Yayınları, İstanbul.

Hausman, J. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica* 46 (6): 1251-1271.

Karaman, S., Koçak, A., Tezel, G. (2015). Determinants of cotton prices in Turkey: A Var approach. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi* 1 (2): 1-8.

Koyck, L.M. (1954). Distributed lags and investment analysis. North-Holland Publishing, Amsterdam.

Önder, K. (2017). Pamuk arzını etkileyen faktörlerin panel veri ile analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi* 12 (1): 83-98.

Özbay, N., Çelik, Ş. (2016). Türkiye'de üretim-fiyat ilişkisinin almon gecikme modeli ile incelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19 (2): 141-146.

Özçelik, A., Özer, O.O. (2006). Koyck modeliyle Türkiye'de buğday üretimi ve fiyat ilişkisinin analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 12 (4): 333-339.

Özer, O., İlkdoğan, U. (2013). Box-Jenkins modeli yardımıyla dünya pamuk fiyatının tahmini. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 10 (2): 13-20.

Özer, O.O., Özçelik, A., Kayalak, S. (2014). Geçmiş fiyatlar ile fark ödeme sisteminin pamuk üretimine etkisi. *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi* 3-5 Eylül, Samsun, 830-835.

Özüdoğru, T., Miran, B. (2015). Türkiye'de farklı destekleme politikalarının pamuk arzı üzerine etkileri. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi* 1 (2): 9-19.

Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Cambridge Working Papers in Economics* 0435.

Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics* 22 (2): 265-312.

Semerci, A., Çelik, A.D. (2018). Hatay ilinde pamuk üretiminin fonksiyonel analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15 (2): 78-86.

Tatoğlu, F.Y. (2012). Panel veri ekonometrisi. Beta Basım, İstanbul.

TÜİK. (2019a). Bitkisel Üretim İstatistikleri, https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1, (Erişim tarihi: 13.11.2019).

TÜİK. (2019b). Tarımsal Fiyat ve Ekonomik Hesaplar, https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1, (Erişim tarihi: 13.11.2019).

TÜİK. (2019c). Tüketici Fiyat Endeksi, (TÜFE) https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=enflasyon-ve-fiyat-106&dil=1, (Erişim tarihi: 13.11.2019).

Yurdakul, F. (1998). Pamuk üretimi ile pamuk fiyatları arasındaki ilişkinin ekonometrik analizi: Koyck ve Almon yaklaşımı. *Çukurova Üniversiteis İİBF Dergisi* 8 (1): 343-351.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 11/03/20
Kabul/Accepted: 17/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.702148

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Long-term Water Productivity of Maize (*Zea mays* L.) From Limited Irrigation Conditions under Moderate Semi-arid Environment

Abolfazl NASSERİ

Abstract

Crop production has a correlation with the applied water in moderate semi-arid conditions. Due to temperature and rainfall changes enhancing water productivity in crop production are needed for a limited resource conditions. In this study, maize (*Zea mays* L.) yields measured in fields during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016 were compared with those simulated by the Agro-ecological Zone method under moderate semi-arid environment located at the north west of Iran with a soil texture of loamy-clay. Different research scenarios involving actual evapotranspirationc (ETa) to potential (ETm) value (ETa/ETm= 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50% and 40%) under different water application efficiencies (Ea) of 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% and 100% were considered in the present study. Research scenarios affected yield and water productivity of maize. To produce potential yield of maize of 10084 kg ha^{-1} under water application efficiency of 100, 90, 80, 70, 60, 50 and 40%, irrigation water requirements were respectively 4683, 5203, 5854, 6690, 7805, 9366, 11708 m^3 ha^{-1} and water productivity were respectively 2.15, 1.94, 1.72, 1.51, 1.29, 1.08, 0.86 kg m^{-3}. Results confirmed that water productivity of maize was from 1.22 to 1.52 kg m^{-3} with an average of 1.38 kg m^{-3} during 11 years under water application efficiency of 68%. Because measured yield ranged from 3800 to 6971 kg ha^{-1} with an average of 5345 kg ha^{-1} and water applied was from 3125 to 4584 and averaged 3836 m^3 ha^{-1}. It is suggested that limited irrigation could be applied to enhance water productivity in maize production under such moderate semi-arid environment.

Keywords: Deficit irrigation, Maize irrigation, Water application efficiency, Water productivity.

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Abolfazl Nasseri, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. E-mail: nasseri_ab@yahoo.com OrcID: 0000-0002-6758-4050.
Atıf/Citation: Nasseri A. Long-term Water Productivity of Maize (Zea mays L.) from Limited Irrigation Conditions Under Moderate Semi-arid Environment. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 400-410.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

1. Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important irrigated crop which is cultivated throughout the world and its grain is consumed by human and animal (Güneş and Fatih, 2019). Annual maize production is about 820 million ton over the world (FAO, 2011). Maize yield has positive response to sufficient irrigation water in the field. Its root system is relatively thin, it is therefore sensitive to water insufficiency stress (El-Hendawy et al., 2008). Maize irrigation scheduling depends on rate of root deepening. The rate of root deepening is 25 mm day^{-1} and the effective rooting of this crop reaches to 280 cm at the maturity time (Hsiao et al., 1976). Laboski et al. (1998) reported that about 94% of total maize root length distributed within 60 cm of the soil surface and about 85% of root length was within 30 cm.

Deficit irrigation method is one of the common strategies for producing crops under water deficit and limitation conditions in the arid and semi-arid environments over of the world. Deficit irrigation efficiency in crop production is evaluated by an index known as water productivity (WP) that is crop yield from applying 1 m^3 of irrigation water (Foley et al., 2020; Katerji et al., 2013). This index was considerably applied in crop irrigation researches in irrigated farms (Abadi et al., 2010; Bramley et al., 2013; Du et al., 2010; Fang et al., 2010; Guo et al., 2010; Li et al., 2010; Zhang et al., 2010; Nasseri and Bahramloo, 2009; Nasseri and Fallahi, 2007; Zamani and Nasseri, 2008). This index is defined the as the ratio of crop yield to the crop evapotranspiration or water used in crop production (Nasseri and Fallahi, 2007; Ezenne et al., 2019; Foley et al., 2020). According to the report of Hamdy et al. (2003), increasing WP is an essential priorities in the agricultural production systems under both conditions of irrigated and rainfed production systems. Davis and Hagood (1961) found that the highest water productivity in maize production were attained with an actual evapotranspiration (ETa) lower than the potential rate (ETp) and, the highest water productivity was consequently obtained at 90% of the potential yield (Yp). Foley et al. (2020) reported that enhancing crop yield without application of more water, and/or decreasing irrigation water with sustaining yields are methods to improve water productivity.

Crop yield has a significant correlation with actual evapotranspiration (ETa) and consequently irrigation water. The relation between crop production and irrigation water known as water production function. While, relation between crop production and actual evapotranspiration known as crop water production function (Kipkorir et al., 2002). Previous studies showed that maize yield is a linear function of irrigation water or seasonal evapotranspiration (Gilley et al., 1980; Payero et al., 2006; Klocke et al., 2004; Stone, 2003). According to the Kipkorir et al. (2002) in full and with non-deficit irrigation conditions, water production function in non-linear (a second or third order polynomial) indicating that some of the irrigation water was lost as deep percolation from crop root zone. While for limited irrigation condition, application of crop water production function with linear form is very advantageous and applicable which proposed by Doorenbos and Kassam (1979).

Researches confirmed that in maize production tasseling and silking stages are very sensitive to the water insufficiency stress under semi-arid conditions (Robins and Domingo, 1953; Denmead and Shaw, 1960; Musick and Dusek, 1980; Eck, 1984; Johnson et al., 1987; Rhoades and Bennett, 1990; Lamm et al., 1995). Robins and Domingo (1953) reported that soil moisture depletion to the wilting point at tassel or pollination stages of maize for a week reduced yield as 50% and for one to two days by 22%. Moreover, Denmead and Shaw (1960) explained that moisture deficit stress at silking stage of maize reduced yield 50%, whereas such stress during the vegetative stage and after silking stages decreased yields about 23%. Musick and Dusek (1980) reported that moisture deficit stress during grain filling stage was more injurious than moisture stress during vegetative growth stage in maize production, whereas moisture deficit stress during tasseling and silking to be the most injurious. About two and four weeks of moisture deficit stress during the vegetative stage of maize reduced its yields up to 23 and 46%, respectively (Eck, 1984). Soltanbeigi (2019) reported that the largest damage from water stress was during stages of tasseling and stalking. Also, irrigated maize responded as well to midseason irrigation as it did to more frequent irrigations at 50% soil moisture depletion (Johnson et al., 1987). Limited irrigation strategies generally reduce maize yield according to the findings of Rhoades and Bennett (1990) and Lamm et al., (1995). In this method, crop is irrigated with available water less than potential evapotranspiration (ETp) to obtain optimum yield.

Additionally, Darusman et al. (1997) reported that drip irrigation method resulted in near-potential maize yield and reduced deep percolation losses beneath the root development zone when irrigation and rainfall was

totally 75% maize evapotranspiration. Moreover, Norwood (2000) reported that plant population some production inputs management systems such as irrigation and fertilizer significantly increased yields above those of dryland maize. A single irrigation at the tassel stage along with 112 kg N ha^{-1} increased yield with an average of 29%. While, two and three irrigations in combination with increased N rates and plant populations increased yields about 12%. Note that, two irrigation events were applied at the tassel and dough stage of grain fill and three events were at the 9 to 10 leaf stage; and at tassel and dough stage of grain fill of maize production. Limited Irrigation such as every other- furrow irrigation method is one of the effective strategies to save agricultural water, while application efficiency in conventional furrow irrigation is less than every other-furrow irrigation. Research findings show that to produce a similar maize yield, furrow irrigation by every other method with interval of 4 day consumed less water than 7 day interval. In terms of economic analysis the every other method is profitable, as well (Khajeabdollahi and Sepaskhah, 1996).

Water productivity of maize was investigated by researchers over the world under different conditions of irrigation treatments, fertilizers rates and crop populations (Howell et al., 1995; Al-Kaisi and Yin, 2003; Karam et al., 2003; Payero et al., 2008; Katerji et al., 2010; El-Wahed and Ali, 2013; Katerji et al., 2013). But research of WP under unusual conditions for actual evapotranspiration in moderate semi-arid environment was not accomplished. Therefore, the main objectives of this study was to investigate the effect of different ETa/ETm on maize yield and water productivity with different water application efficiencies (Ea) of 40% to 100% under moderate semi-arid environment; and to compare maize yields measured from fields during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016 with those simulated by the Agro-ecological Zone method; and to acquire water production function for full and limited irrigation conditions.

2. Materials and methods

2.1. Site description

The present study was conducted on the farms with moderate semi-arid conditions at the north west of Iran with latitude 39º 39’ N, longitude 47º 55’ E and 31.9 m above mean sea level. The region soil was clssified from loamy-clay with wilting point (PWP), field capacity (FC) and acidity (pH) of 16%, 25.4% and 7, respectively to clay-loam with average WP, FC, and pH of 22.36%, 31.51% and 7.2, respectively. Studied region at the north west of Iran is shown by *Figure 1*.

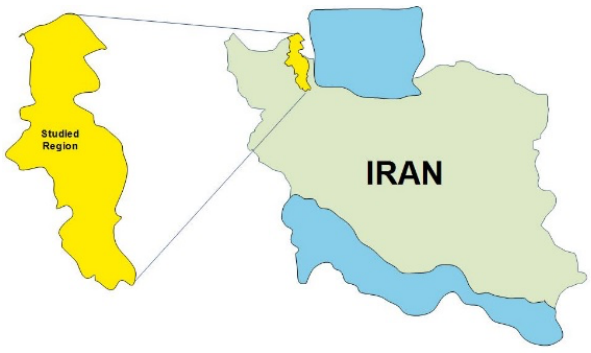


Figure 1. Studied region (Moghan plain) for evaluation of yield and water productivity of maize at the north west of Iran.

Meteorological data such as air temperature and rainfall were obtained from meteorological station located at near of the farms with abovementioned latitude and longitude. The highest and lowest air temperature during the growing seasons of maize ranged from 10 to 30 ºC and 0 to 16 ºC, respectively. Maize evapotranspiration (ETp) was 468 and annual rainfall 277 mm with effective rainfall of 50±7 mm. Based on long-term meteorological data of vapor pressure deficit, wind function and net radiation, reference evapotranspiration (ETo in mm $month^{-1}$) was estimated with Penman’s method under standard conditions for maize production. The potential evapotranspiration (ETp in mm $month^{-1}$) for maize was subsequently acquired by reference evapotranspiration and crop coefficient. Maize yields obtained from farms in the region for 11 years from 2005-2006 to 2015-2016 (Golizadeh et al., 2014). Results were compared with the simulated yields by the methods of Doorenbos and Kassam (1979).

2.2.Study scenarios

Different research scenarios involving actual evapotranspiration to potential value (ETa/ETm= 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50% and 40 %) under different water application efficiencies (Ea) of 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90 and 100% were considered in the present study. The potential yield of maize was determined by the Agro-ecological Zone method (Doorenbos and Kassam, 1979). Index of water productivity (WP) from each scenario was subsequently estimated by the following relation. The potential yield of maize was determined by the Agro-ecological Zone method (Doorenbos and Kassam, 1979). Index of water productivity (WP) from each scenario was subsequently estimated by the following relation (Eq.1).

WP (kg m^{-3}) = Maize yield (kg ha^{-1}) / Water applied (m^3 ha^{-1}) (Eq.1)

2.3. Maize yield and evapotranspiration relation

Preceding studies showed that maize yield is a linear function of seasonal evapotranspiration (Gilley et al., 1980; Payero et al., 2006; Klocke et al., 2004; Stone, 2003). Also, the linear relationship between relative crop yield (Ya/Ym) and relative maize evapotranspiration (ETa/ETm) as the following relation developed by Doorenbos and Kassam (1979) for the first time. Recently, Süheri et al. (2020) related crop yield to the evapotranspiration (Eq.2):

$$\left(\frac{Ym - Ya}{Ym}\right) = Ky\left(\frac{ETm - ETa}{ETm}\right) \quad \text{(Eq.2)}$$

Where Ya is the actual maize yield (kg ha^{-1}) from ETa (m^3) and Ym is the potential maize yield (kg ha^{-1}) from ETm (m^3); and ETa and ETm are respectively actual and potential maize evapotranspiration during growing season. Moreover, Ky is crop yield response factor that depends on crop growth stage and irrigation management. Ky was 0.40, 0.9, 0.50, 0.2 and 1.25 for vegetative, flowering, yield formation, ripening and total growing stages in maize production (Doorenbos and Kassam, 1979). The Agro-ecological Zone method was applied to simulate maize potential yield for a Moderate semi-arid environment at the north-west of Iran (Doorenbos and Kassam, 1979). Maize variety was Single cross 704 with rooting depth of 20 cm (week 0-4) and 80 cm (week 9-20) which seed planting and end dates were from 1 April to 30 July. Yield was harvest at maturity stage when seed moisture was 11- 13%. Maize farms were irrigated by furrow irrigation system with intervals of 7 days and water application efficiency of 68% (Abbasi et al., 2016).

2.4.Estimation of seasonal potential evapotranspiration (ETm)

The seasonal potential evapotranspiration (ETm in mm) of maize was estimated based on the reference evapotranspiration (ETo in mm) and crop coefficient (Kc) by the following relation (Doorenbos and Kassam, 1979) (Eq.3):

$$ETm = Kc \times ETo \quad \text{(Eq.3)}$$

Crop coefficient (Kc) for maize development stages was 0.35-0.70 (day 0-60), 0.71-1.05 (day 61-90), 1.05-0.60 (day 91-120) at studied region. The reference evapotranspiration (ETo in mm) was estimated by the Penman's method (Penman, 1950; Penman, 1953) (Eq.4):

$$ETo = C \times (W \times Rn + (1-W) \times F(u) \times (ea-ed)) \quad \text{(Eq.4)}$$

where ETo= the reference evapotranspiration in mm day^{-1}; (ea-ed) = vapor pressure deficit i.e. the difference between saturation vapor pressure (ea) at mean air temperature (in mbar) and actual vapor pressure (ed) in mbar where can be estimated by ed= ea× RH/100; F(u) = wind function; Rn=total net radiation in mm day^{-1} and C= adjustment factor .

2.5. Estimation of potential yield of maize

Potential yield (Ymp) of maize was estimated by the following relation known as the Agro-ecological Zone method (Doorenbos and Kassam, 1979) (Eq.5):

$$Ymp = CL \times CN \times CH \times G \times Yo \quad \text{(Eq.5)}$$

where CL= correction for crop development and leaf area, 0.50 for maize; CN= correction for dry matter production, 0.50 for maize; CH= correction for harvested index, 0.40 for maize; G= total growing period (days) which was 150 days at the studied region; Yo = gross dry matter production of standard crop was calculated as (Eq.6):

$$Yo = F \times (0.8 + 0.01 \times Ym) \times Yo + (1 - F) \times (0.5 + 0.025 \times Ym) \times Yc \quad \text{(Eq.6)}$$

where Yo = gross dry matter production of standard crop (kg ha^{-1} day^{-1}); F = fraction of the daytime that sky is clouded which was obtained as 0.30 for the studied region and can be obtained from (Eq.7):

$$F = (Rse - 0.5 \times Rs) / (0.8 \times Rse) \quad \text{(Eq.7)}$$

in which Rse = the maximum active in coming shortwave radiation on clear days in cal cm^{-2} day^{-1}; Rs = the actual measured incoming shortwave radiation in cal cm^{-2} day^{-1}; Yo = gross dry matter production rate of standard crop for a given location on a completely overcast day (kg ha^{-1} day^{-1}); Yc = gross dry matter production rate of standard crop for a given location on a clear (cloudless) in kg ha^{-1} day^{-1}; Ym = maximum leaf gross dry matter production rate of a crop for a given climate (kg ha^{-1} day^{-1}).

3. Results and Discussion

In *Figure 2* crop coefficient and monthly and cumulative potential evapotranspiration of maize during days after seed sowing were depicted. Results showed that crop coefficient for maize varied from 0.35 (0-30 days after seed sowing) to 1.05 (61-90 days after seed sowing). The highest potential evapotranspiration was obtained 193 mm $month^{-1}$ (61-90 days after seed sowing) and cumulative potential evapotranspiration during growing season under mmoderate semi-arid conditions was 468 mm. Also, application of Agro-ecological Zone method produced the potential yield (Ym) of maize as 10084 kg ha^{-1} with net water for irrigation of 4680 m^3 ha^{-1}.

Previous studies demonstrated that maize yield is a linear function of water requirement (Gilley et al., 1980; Payero et al., 2006; Klocke et al., 2004; Stone, 2003). Therefore, in the present study similar to the findings of previous researches, maize yield increased with increasing irrigation water application on the farms and linear water-production function for maize was consequently acquired by plotting irrigation water (mm) on the X-axis and maize yield (kg ha^{-1}) on the Y-axis which is illustrated in *Figure 2* and *3* for furrow irrigation with application efficiency from 100% to 40%. Effective rainfall during maize growing season was not considered in the functions. The best fitting function for water-yield relations were as following *Table 1*.

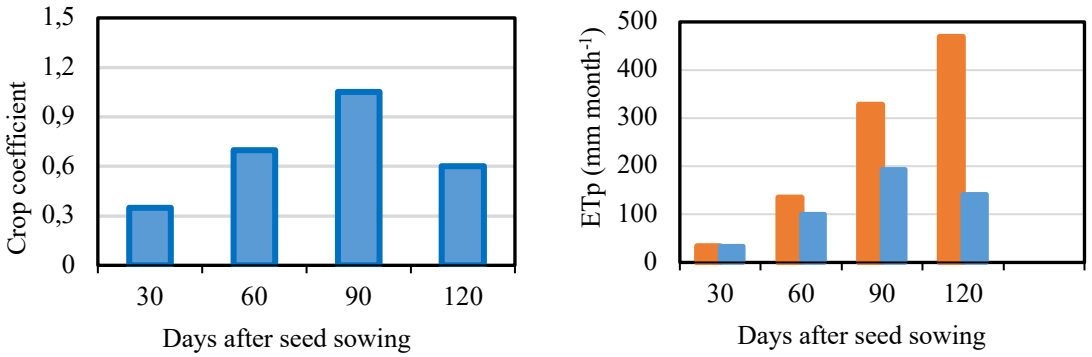


Figure 2. Crop coefficient, monthly and cumulative evapotranspiration of maize during days after seed sowing

Table 1. Water-yield function for maize production under different water application efficiency

Water application efficiency (%)	Yield (kg ha^{-1})=a (Water applied in mm)-b		R^2
	a	b	
Ea=100%	26.917	2521	0.99
Ea=90%	24.225	2521	0.99
Ea=80%	21.533	2521	0.99
Ea=70%	18.842	2521	0.99
Ea=60%	16.150	2521	0.99
Ea=50%	13.458	2521	0.99
Ea=40%	10.767	2521	0.99

To produce potential yield of maize of 10084 kg ha^{-1} under water application efficiency of 100, 90, 80, 70, 60, 50 and 40%, irrigation water requirement was respectively 4683, 5203, 5854, 6690, 7805, 9366, 11708 m^3 ha^{-1}. Therefore, with increasing water application efficiency, irrigation water requirement to produce potential yield was obviously decreased. Consequently, to achieve potential yield, water productivity were respectively 2.15, 1.94, 1.72, 1.51, 1.29, 1.08, 0.86 kg m^{-3} under water application efficiency of 100, 90, 80, 70, 60, 50 and 40% (*Figs. 3* and *4*). Under actual evaporanspiration as 90% potential ones (Eta/ETm=0.90) in order to produce 88% of potential yield of maize (Ya/Ym=0.88 and Ya=8824 kg ha^{-1}), irrigation water requirement (and water productivity) is 10537 (0.84 kg m^{-3}), 8429 (1.05 kg m^{-3}), 7025 (1.26 kg m^{-3}), 6021 (1.47 kg m^{-3}), 5268 (1.67 kg m^{-3}), 4683 (1.88 kg m^{-3}), 4215 (2.09 kg m^{-3}) m^3 ha^{-1} under water application efficiency of 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100%, respectively (*Figs. 3* and *4*). Under actual evaporanspiration as 80% potential ones (Eta/ETm=0.80) in order to produce 75% of potential yield (Ya/Ym=0.75 and Ya=7563 kg ha^{-1}) of maize, irrigation water requirement (and water productivity) is 3746 (2.02 kg m^{-3}), 4163 (1.82 kg m^{-3}), 4683 (1.61 kg m^{-3}), 535.2 (1.41 kg m^{-3}), 6244 (1.21 kg m^{-3}), 7493 (1.01 kg m^{-3}), 9366 (0.81 kg m^{-3}) m^3 ha^{-1} under water application efficiency of 100, 90, 80, 70, 60, 50 and 40%, respectively (*Figs. 3* and *4*).

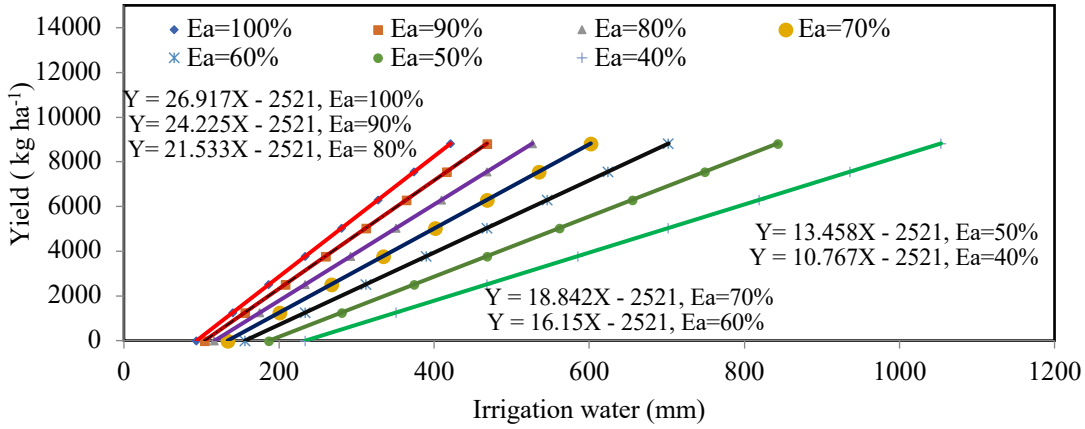


Figure 3. Crop yield versus irrigation water under moderate semi-arid conditions

Under actual evaporanspiration as 70% potential ones (Eta/ETm=0.70) in order to produce 63% of potential yield (Ya/Ym=0.63 and Ya=6302 kg ha^{-1}) of maize, irrigation water requirement (and water productivity) is 3278 (1.92 kg m^{-3}), 3642 (1.73 kg m^{-3}), 4098 (1.54 kg m^{-3}), 4683 (1.35 kg m^{-3}), 5464 (1.15 kg m^{-3}), 6556 (0.96 kg m^{-3}), 8195 (0.77 kg m^{-3}) m^3 ha^{-1} under water application efficiency of 100, 90, 80, 70, 60, 50 and 40%, respectively (*Figs. 3* and *4)*. Under actual evaporanspiration as 60% potential ones (Eta/ETm=0.60) in order to produce 50% of potential yield (Ya/Ym=0.50 and Ya=5042 kg ha^{-1}) of maize, irrigation water requirement (and water productivity) is 7025 (0.72 kg m^{-3}), 5620 (0.90 kg m^{-3}), 4683 (1.08 kg m^{-3}), 4014 (1.26 kg m^{-3}), 3512 (1.44 kg m^{-3}), 3122 (1.61 kg m^{-3}), 2810 (1.79 kg m^{-3}) m^3 ha^{-1} under water application efficiency of 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100%, respectively *(Figs. 3* and *4)*. Under actual evaporanspiration as 50% potential ones (Eta/ETm=0.50) in order to produce 38% of potential yield (Ya/Ym=0.38 and Ya=3782 kg ha^{-1}) of maize, irrigation water requirement (and water productivity) was 2342 m^3 ha^{-1} (1.61 kg m^{-3}) under water application efficiency of 100%. Also, irrigation water requirement (and water productivity) was 2602 (1.45 kg m^{-3}) under water application

efficiency of 90%. Moreover, irrigation water requirement (and water productivity) was 2927 (1.29 kg m^{-3}) under water application efficiency of 80%. With water application efficiency of 70%, irrigation water requirement and water productivity were 3345 and 1.13 kg m^{-3}, repectively. Moreover, irrigation water requirement was 3903, 4683 and 5854 m^3 under water application efficiency of 60%, 50% and 40%, respectively. Under these application efficiency, water productivity was 0.97, 0.81 and 0.65 kg m^{-3}, respectively (*Figs. 3* and *4*).

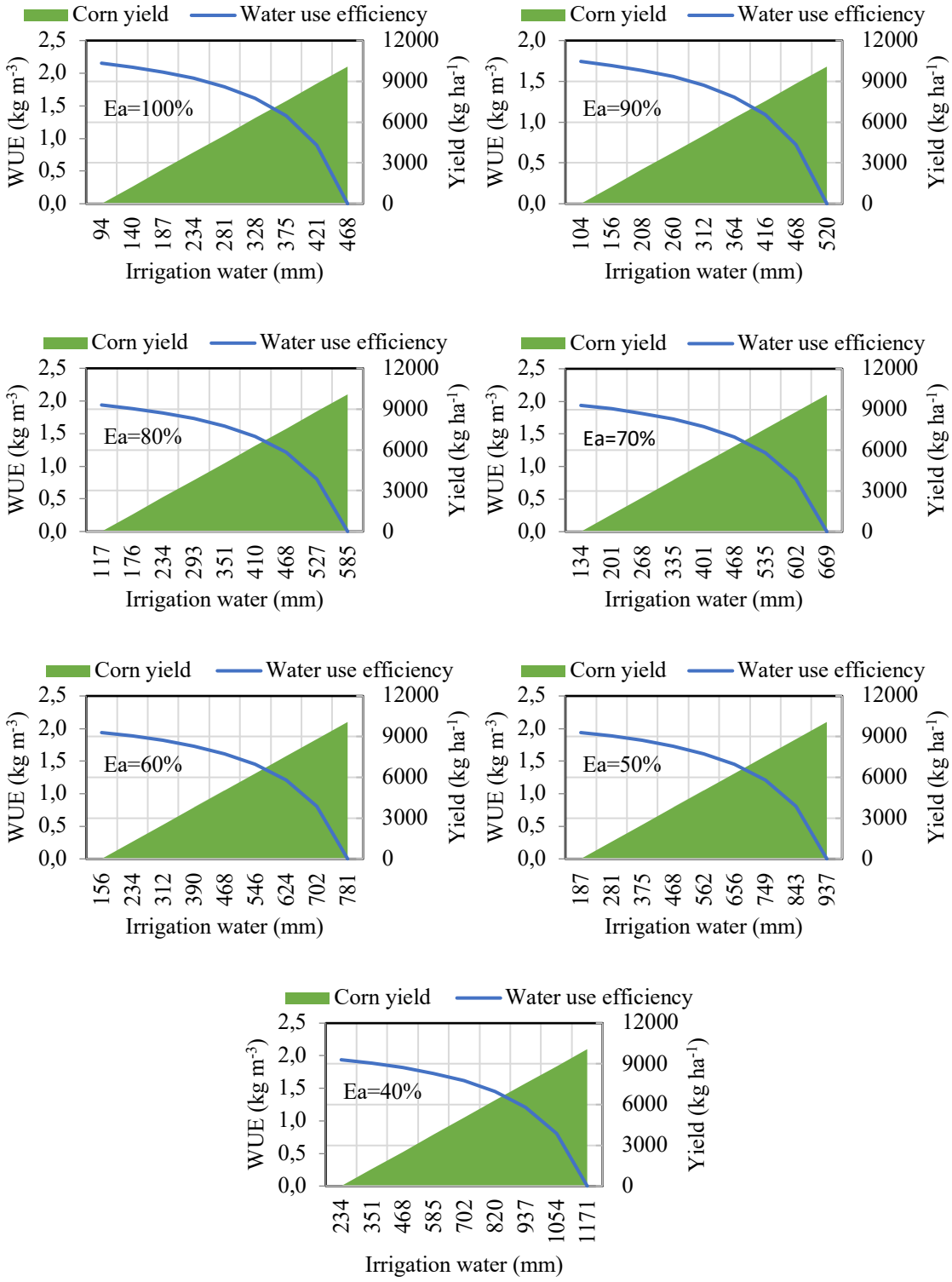


Figure 4. Maize yield and water productivity from irrigation water application under moderate semi-arid conditions

Measured yield, water applied and water productivity of maize during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016 under actual and conventional conditions were presented in *Figs 5* and *6*. Results confirmed that measured yield during 11 years ranged from 3800 (in 2007-2008) to 6971 kg ha^{-1} (in 2015-2016) with an averge of 5345 kg ha^{-1}. Note that, water applied to produce maize was from 3125 to 4584 and averaged 3836 m^3 ha^{-1} *(Fiure 5)*. Simliar to the findings of researchers (Abadi et al., 2010; Bramley et al., 2013; Du et al., 2010; Fang et al., 2010; Guo et al., 2010; Li. 2010; Zhang et al., 2010; Nasseri and Bahramloo, 2009; Nasseri and Fallahi, 2007; Zamani and Nasseri, 2008), index of water productivity was applied to evaluate water use of maize in seed production. Water productivity was from 1.22 to 1.52 kg m^{-3} with an average of 1.38 kg m^{-3} *(Figure 6)* during 11 years. Water aplication efficiency was 68% in maize farms (Abbasi et al., 2016). It is recommend that limited irrigation could be applied to enhence water productivity in maize production under studied environment. Further studies are necessary to evaluate interaction effect of limited irrigation and fertilizers viz. NPK applications on maize yield under moderate semi-arid environment.

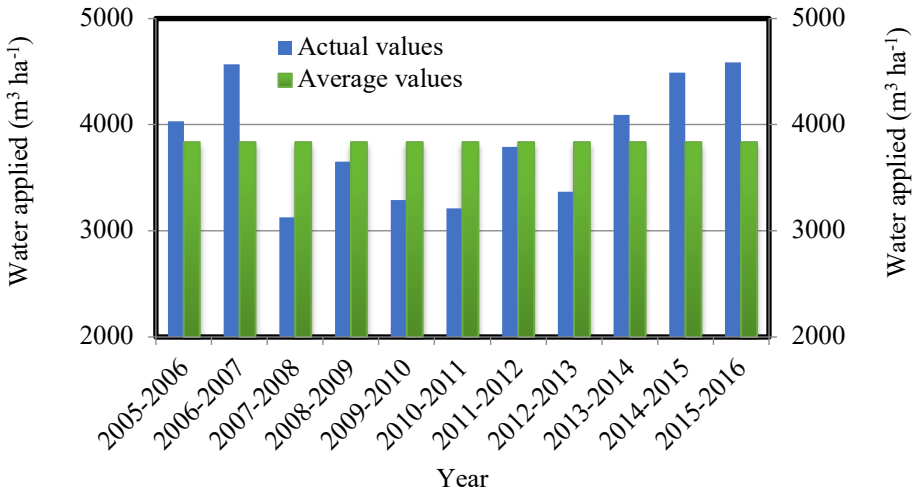


Figure 5. Measured maize yield and irrigation water during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016

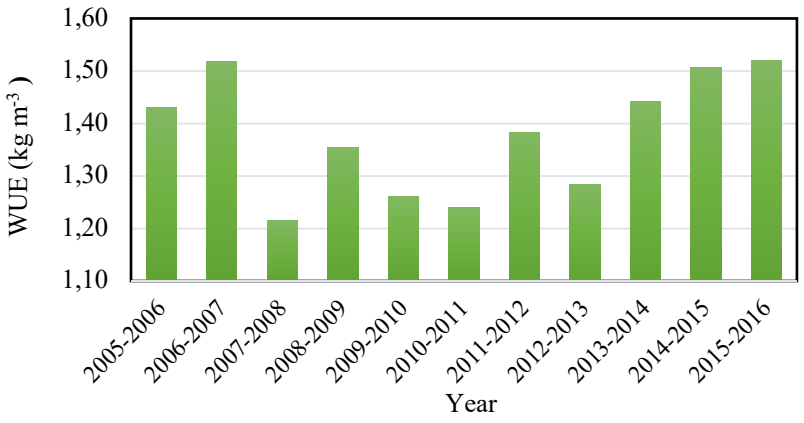


Figure 6. Water productivity of maize during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016

4. Conclusion

Maize (*Zea mays* L.) yields measured in fields during 11 years from 2005-2006 to 2015-2016 were compared with those simulated by the Agro-ecological Zone method under moderate semi-arid environment in this study. Research scenarios comprising ETa/ETm under different water application efficiencies affected yield and water productivity of maize. The best water-production function was acquired to estimate or forecast maize yield with available water for irrigation. Index of water productivity of maize was from 1.22 to 1.52 kg m^{-3} with an average of 1.38 kg m^{-3} during 11 years under water aplication efficiency of 68%. Because measured yield ranged from

3800 to 6971 kg ha^{-1} with an averge of 5345 kg ha^{-1} and water applied was from 3125 to 4584 and averaged 3836 m^3 ha^{-1}. It is proposed that limited irrigation could be employed to enhence water productivity in maize production under moderate semi-arid environment. Further studies is essential to evaluate interaction effect of limited irrigation and fertilizers (NPK) applications on maize production under such moderate semi-arid environment.

References

Abadi, A. G. F., Nasseri, A., and Nosrati, A. E. (2010). Water use efficiency and yield of garlic responses to the irrigation system, intra-row spacing and nitrogen fertilization. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(2), 344-346.

Abbasi, F., F. Sohrab and N. Abbasi, (2016). Evaluating on irrigation efficiencies and temporal and spatial variations in Iran. Technical Report No. 48496, Agricultural Engineering Research Institute.

Al-Kaisi, M. M., and Yin, X. (2003). Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. Agronomy journal, 95(6), 1475-1482.

Bramley, H., Turner, N. C., and Siddique, K. H. (2013). Water use efficiency. In Genomics and breeding for climate-resilient crops (pp. 225-268). Springer, Berlin, Heidelberg.

Darusman A.H., Khan L.R., Stone W.E., Spurgeon, Lamm F.R. (1997). Water flux below the root zone vs. irrigation amount in drip-irrigated corn. Agron. J. 89, 375-379.

Davis, J. R. and M. A. Hagood. (1961). Efficient distribution of water in irrigating annual crops with limited supplies in drought years. California Agriculture. 15, 6-8.

Denmead O.T., Shaw R.H. (1960). The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron J. 52,272-274.

Doorenbos, J., and Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33, 257.

Du, T., Kang, S., Sun, J., Zhang, X., and Zhang, J. (2010). An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. Agricultural Water Management, 97(1), 66-74.

Eck H.V. (1984). Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agron. J.; 76:421-428.

El-Hendawy, S. E., El-Lattief, E. A. A., Ahmed, M. S., and Schmidhalter, U. (2008). Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. Agricultural Water Management, 95(7), 836-844.

El-Wahed, M. A., and Ali, E. A. (2013). Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. Agricultural Water Management, 120, 64-71.

Ezenne, G. I., Jupp, L., Mantel, S. K., and Tanner, J. L. (2019). Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. Agricultural Water Management, 218, 158-164.

FAO. 2011. FAOSTAT online database, available at link http://faostat.fao.org/.accessed on December 2011.

Fang, Q., Ma, L., Yu, Q., Ahuja, L. R., Malone, R. W., and Hoogenboom, G. (2010). Irrigation strategies to improve the water use efficiency of wheat–maize double cropping systems in North China Plain. Agricultural Water Management, 97(8), 1165-1174.

Foley, D. J., Thenkabail, P. S., Aneece, I. P., Teluguntla, P. G., & Oliphant, A. J. (2020). A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades. International Journal of Digital Earth, 13(8), 939-975.Gilley, J.R., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., 1980. Management of irrigation agriculture with a limited water and energy supply. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, 168 pp.

Golizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hosseinpour, R., Mohiti, Z., Fazli, M., Rezaei, M.M., Arab, H., Kazemifard, R., Fazli, B., Abdshah, H., Sefidi, H., Rafiei, M., Kazemian, A., (2014). Crop production features (2012-2013) in Iran. Agricultural Ministry. Islamic Republic of Iran, pp. 167 (in Farsi).

Güneş, A., and Fatih, Ö. N. E. R. (2019). Determination of Silage Yield and Quality Characteristics of Some Maize (Zea mays L.) Varieties. Journal of Tekırdag Agricultural Faculty, 16(1), 42-50.

Guo, R., Lin, Z., Mo, X., and Yang, C. (2010). Responses of crop yield and water use efficiency to climate change in the North China Plain. Agricultural Water Management, 97(8), 1185-1194.

Hamdy, A., Ragab, R., and Scarascia-Mugnozza, E. (2003). Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. Irrigation and drainage, 52(1), 3-20.

Hsiao, T. C., Fereres, E., Acevedo, E., and Henderson, D. W. (1976). Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In Water and plant life (pp. 281-305). Springer, Berlin, Heidelberg.

Howell, T. A., Yazar, A., Schneider, A. D., Dusek, D. A., and Copeland, K. S. (1995). Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. Transactions of the ASAE, 38(6), 1737-1747.

Johnson, B.S., Blake G.R., Nelson W.W. (1987). Midseason soil water recharge for corn in the Northwestern Corn Belt. Agron. J. 79:661-667.

Karam, F., Breidy, J., Stephan, C., and Rouphael, J. (2003). Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. Agricultural Water Management, 63(2), 125-137.

Katerji, N., Campi, P., and Mastrorilli, M. (2013). Productivity, evapotranspiration, and water use efficiency of corn and tomato crops simulated by AquaCrop under contrasting water stress conditions in the Mediterranean region. Agricultural Water Management, 130, 14-26.

Katerji, N., Mastrorilli, M., and Cherni, H. E. (2010). Effects of corn deficit irrigation and soil properties on water use efficiency. A 25-year analysis of a Mediterranean environment using the STICS model. European Journal of Agronomy, 32(2), 177-185.

Kipkorir, E.C., Raes, D. and Massawe, B. (2002). Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in Perkerra, Kenya. Agricultural Water Management, 56(2), 229-240.

Klocke, N.L., Schneekloth, J.P., Melvin, S., Clark, R.T., Payero, J.O., (2004). Field scale limited irrigation scenarios for water policy strategies. Appl. Eng. Agric. 20,623–631.

Laboski, C. A. M., Dowdy, R. H., Allmaras, R. R., and Lamb, J. A. (1998). Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Plant and Soil, 203(2), 239-247.

Lamm, F. R., Manges, H. L., Stone, L. R., Khan, A. H., and Rogers, D. H. (1995). Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas. Transactions of the ASAE, 38(2), 441-448.

Li, Q., Dong, B., Qiao, Y., Liu, M., and Zhang, J. (2010). Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China. Agricultural Water Management, 97(10), 1676-1682.

Musick J.T., Dusek D.A. (1980). Irrigated corn yield response to water. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 23:92-98

Nasseri, A. (1999). Analysis and Optimization of Water Use-Crop Yield Relations in Moghan. 9th Seminar of Iranian National Comittee on Irrigation and Drainage.

Nasseri, A. (2005). Yield function of corn in the regions of Iran. National meeting on corn. Khozestan Agricultural Organization. Iran.

Nasseri, A. (2006). Water Use Effects on Corn Production in Moghan, Tabriz and Khoy (Iran). 7th Meeting of Islamic Azad University on Agriculture and Natural Resources, Tabriz, Iran.

Nasseri, A., and Bahramloo, R. (2009). Potato cultivar Marfuna yield and water use efficiency responses to early-season water stress. Int. J. Agric. Biol, 11, 201-204.

Nasseri, A., and Fallahi, H. A. (2007). Water use efficiency of winter wheat under deficit irrigation. Journal of Biological sciences, 7(1), 21-28.

Norwood, C. A, (2000). Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. Soil Science Society of America Journal, 64,365-370.

Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., and Petersen, J. L. (2008). Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agricultural Water Management, 95(8), 895-908.

Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S., Tarkalson, D., (2006). Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agric. Water Manage. 84, 101– 112.

Penman, H. L. (1950). The dependence of transpiration on weather and soil conditions. Journal of Soil Science, 1(1), 74-89.

Penman, H. L. 1953. The physical bases of irrigation control. Rep. 13 Int. Hort. Cong.

Rhoades, F.M., Bennett, J.M. (1990). Corn. In: Stewart, B.A., Nielsen, D.R. (Eds), Irrigation of Agricultural Crops. Madison, WI, pp.569-596.

Robins, J.S., Domingo C.E. (1953). Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. Agron. J. 45:618-621.

Soltanbeigi, A. (2019). Effect of drought stress and seed pretreatment with CCC on yield and yield components of maize varieties. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1), 61-70.

Süheri, S., Hussein, N. M. H., Kurtar, E. S., Yavuz, N., and Yeşim, D. A. L. (2020). Determination of Yield and Quality of Different Snap Bean Varieties Under Deficit Irrigation. Journal of Tekırdag Agricultural Faculty, 17(2), 252-263.

Stone, L.R., (2003). Crop water use requirements and water use efficiencies. In: Proceedings of the 15th Annual Central Plains Irrigation Conference and Exposition, February 4–5, Colby, Kansas, pp. 127–133.

Zamani, A. S., and Nasseri, A. (2008). Response of dryland wheat production and precipitation water productivity to planting date. Asian Journal of Plant Sciences, 7(3), 323-326.

Zhang, X., Chen, S., Sun, H., Wang, Y., and Shao, L. (2010). Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain. Agricultural Water Management, 97(8), 1117-1125.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 23/03/20
Kabul/Accepted: 27/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.707645

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Identification of Virus Causes of Mosaic Diseases in Zucchini Plants in the Bali Island of Indonesia

Nı Putu PANDAWANI[1], I Ketut WIDNYANA[2*]

Abstract

Mosaic disease has become epidemic in the zucchini (*Cucurbita pepo* L.) plantations on the island of Bali, but the cause of the disease is not yet known with certainty, although there are allegations of common causes including the *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* (PRSV), *Squash mosaic virus* (SqMV), *Watermelon mosaic virus* (WMV), and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). This study aims to ascertain the cause of the mosaic disease which was carried out by observation of the symptoms, proving Koch's postulates and using Indirect-ELISA serological tests. Indirect-ELISA method was carried out following the manufacturer's instructions DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH) Germany using several antisera namely, *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV, DSMZ, Germany), *Cucumber mosaic virus* (CMV, Agdia Inc., USA) and *Papaya ringspot virus* (PRSV, Agdia Inc., USA). Results showed that the occurrence of mosaic diseases in zucchini plantations with very diverse symptoms as malformation and distortion of the leaves and the fruits, blistering, vein clearing, vein banding and shoestring symptoms with disease ranging from 87.17% to 92.72%. Following of Koch's postulatesmechanical inoculations were carried out using mosaic diseased leaf extract obtained a success of transmission rate of 100%. Where, healthy zucchini plants that were inoculated with mosaic symptomatic plants exhibit the same symptoms as mosaic symptoms found in the field. The main findings of this study are serological tests with Indirect-ELISA showed that 75% of zucchini plants were infected by ZYMV and as many as 8.33% were positive to CMV. There are no plants infected with PRSV. It can be concluded that the causes of zucchini mosaics on the island of Bali are ZYMV and CMV.

Keywords: Identification, Mosaic, Zucchini, ELISA, ZYMV

[1] Ni Putu Pandawani, Agriculture Departement of Mahasaraswati Denpasar University, Bali and Indonesia. E-mail: pandawaniputu@hotmail.com OrcID: 0000-0002-1347-3638.
[2] **Corresponding Author** : I Ketut Widnyana, Agriculture Departement of Mahasaraswati Denpasar University, Bali and Indonesia. E-mail: widnyanaketut@gmail.com OrcID: 0000-0002-4864-6578.
Atıf/Citation: Pandawani, N.P., Widnyana I.K., Identıfıcatıon of Vırus Causes of Mosaıc Dıseases in Zucchını Plants in the Balı Island of Indonesıa. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 411-418

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

1. Introduction

The zucchini planting centers in Bali are several villages in Baturiti District, Tabanan Regency and Sukasada District, Buleleng Regency. Since the last three years production has decreased by around 65%. In fact, farmers do not get results because the plants do not bear fruit or the fruits are of poor quality. The decrease in the quantity and quality of zucchini is partly caused by pests and diseases. Symptoms of disease that occur in zucchini plantations are mosaic between dark and dark green on the leaves and around the leaf bone is greener than the leaves of the lamina (*vein banding*). Lamina leaves such as blisters on the green part (*blistering*), bleaching of leaf bones (vein clearing). Near young leaves, lamina growth is inhibited or even not formed at all so that the shape of the leaves is like shoelaces. Plants also show symptoms of malformation and distortion of leaves and fruit (*Figure 1*).

The occurrence of mosaic disease in zucchini plants is due to one or a combination of several types of viruses. The assumption is based on the fact, that there are several major mosaic-causing viruses that infect *Cucurbitaceae*, namely the *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringpot virus* (PRSV), *Squash mosaic virus* (SqMV), *Watermelon mosaic virus* (WMV), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (Coutts et al*.,* 2011; Jossey and Babadoost, 2008) and *Tobacco ringspot virus (TRSV)* (Babadoost, 1999; Jossey and Babadoost, 2008). Lestari and Nurhayati (2014), reported the presence of several viruses on *Cucurbitaceae* plants found in West Java included CMV, SqMV and ZYMV.

Figure 1. The observation results on zucchini plants in the field, Healthy zucchini plants (A-B). Zucchini plants are diseased (C-D)

Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) is a member of the Potyviridae family and is considered the most harmful virus that attacks cucurbit plants in the field (El-Aziz, 2020). This virus was first isolated in northern Italy (Lisa et al*.,* 1981). Soon after, ZYMV was identified worldwide where cucurbit is cultivated, including Mediterranean countries, Japan, Germany, Central Europe, China, Chile, Australia, Mexico, Mauritius, Canada, and the United States (Desbiez and Lecoq, 1997; Prieto et al., 2001). In Australia, ZYMV was first detected in 1984, but symptomatic cucurbit plants were recorded in Western Australia (WA) in 1973 . Subsequently, it became widespread in cucurbit-growing areas in tropical Kununurra (WA), Ayr (Queensland, Qld) and Darwin (Northern Territory, NT), subtropical Carnarvon (WA), and temperate Swan Hill (Victoria, Vic) (Greber et al., 1987; Greber et al., 1988).

This relatively new, but aggressive virus has spread rapidly throughout the world, exhibiting efficient plant-to-plant transmission by several aphid species on a non-persistent basis (Lecoq and Pitrat, 1983) and long-distance distribution via infected seed (Davis and Mizuki, 1986; Schrijnwerkers et al., 1991; Fletcher et al., 2000). In Egypt, ZYMV was isolated from naturally infected pumpkin plants (Fath-Allah et al., 2011).

Zitter and Murphy (2009) reported that distinct strains of viruses could differ serologically. The second possibility is that the crops were infected by other distinct cucurbits viruses. Many authors reported that cucurbits could be infected by many viruses, commonly CMV, PRSV, ZYMV,WMV and others both in single or mix infection that induce a variety of symptoms including symptoms of CMV infection such as mosaic, vein clearing, vein banding and malformation (Zitter and Murphy 2009; Romay et al., 2014; Barbosa et al., 2016; Sydanmetsa and Mbanzibwa, 2016).

This study aims to identify the virus that causes mosaic disease in zucchini plants in Indonesia, especially on the island of Bali, which is the center of zucchini cultivation by observation of the symptoms, proving Koch's postulates and using Indirect-ELISA serological tests.

2. Materials and Methods

2.1. Observation of percentage of mosaic disease

The study was conducted in the zucchini plantations of Baturiti District, Tabanan Regency and Sukasada District, Buleleng Regency in Bali Province. Observations were made on the plant population and the number of mosaic symptom plants were recorded. Zucchini plants that are sampled are those that show symptoms of contracting the virus with symptoms of a combination of mosaics, necrosis, vein clearing and malformations. The incidence of mosaic diseases for each zucchini plantation location is determined based on the percentage of disease events. The equality (1) used is:

$$n/N \times 100\% \quad \text{(Eq.1)}$$

Where in: n = number of symptomatic plants, and N = number of observed plants

2.2. Detection of viruses on Zucchini

The presence of viruses in the zucchini plants was also observed through fulfill the Koch's postulates and serological tests with indirect-ELISA. Koch's postulate is a procedure to determine the cause of a plant disease caused by biotic agent, which consists of pathogen isolation, inoculation on similar healthy plants, re-isolation, and re-inoculation. ZYMV virus isolation to obtain infected leaf fluid was carried out by grinding 0.1 grams of infected leaves in phosphate buffer containing 1% -mercaptoethanol (0.01 M, pH 7.0) with a ratio of 1:10 (w/v). ZYMV inoculation was done mechanically by applying infected leaf fluid to healthy leaves after being sprinkled with 600 mesh carborundum. The inoculated leaves were then rinsed with water to clean the remaining infected leaf fluid. Plants showing symptoms of ZYMV were then identified for the presence of the virus through I-ELISA using ZYMV, CMV, and PRSV specific antiserums. The indirect-ELISA method is carried out in accordance with DSMZ (Deutsche Sammlung von. Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH) -Germany uses several antiserums namely, *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV, DSMZ, Germany), *Cucumber mosaic virus* (CMV, Agdia Inc., USA) and Papaya spot ring virus (PRSV, Agdia Inc., USA). Negative controls were used from healthy zucchini plant extracts while positive controls were extracts of infected plants of different viruses (Agdia, USA). Virus accumulation is read quantitatively using ELISA Reader model 550 (Bio-Rad, USA) at a wavelength of 405 nm. ELISA results are positive, if the absorbance value of the sample is twice higher than the absorbance value of the negative control (Matthews, 1992).

3. Results and Discussion

3.1. The occurrence of mosaic disease in zucchini

The occurrence of mosaic diseases in zucchini plantations appeared with very diverse symptoms of infection as malformation and distortion of leaves and fruit, blistering, vein cleansing, vein bending, and shoestring syptoms with disease ranging from 87.17% to 92.72% (*Tables 1* and *Figure 2*). Koch's postulates were conducted by mechanical transmission using leaf extract resulted mosaic symptoms obtained 100% success rate.

Where, the inoculated healthy zucchini plants inoculated with mosaic symptomatic plants exhibit the same symptoms as diseased plants found in the field. Symptoms of mosaic disease in the field vary greatly. Where, variations in symptoms appear as the response of plants to viral infections and are influenced by each susceptibility of the plant variety (genotype), viruses or insect vectors (Matthews, 1992).

The emergence of symptoms variations type on test plants can be caused the plant factors and virus strains (Walkey, 2012). According to Matthews (1992), the plant's symptoms variations infected with viruses are influenced by several factors, namely, plant age, cultivars, plant genotype and plant growth phases. Other factors also influence the symptoms of virus infections like environmental factors including soil fertility and climate as well.

Table 1. The occurrence of mosaic diseases on several zucchini plant centers in Bali

Zucchini planting location	Plant population x 1.000	Zucchini attacked mosaics X 1.000	Disease occurrence (%)
Pekarangan	3.140	2.750	87.17
Apit Yeh	3.090	2.865	91.09
Sandan	2.518	2.195	92.00
Titigalar	1.886	1.718	87.36
Batunya	1.826	1.680	87.94
Batusesa	2.516	2.198	87.58
KembangMerta	4.395	3.865	92.72
Asah Gobleg	3.722	3.288	88.34
Angseri	3.740	3.392	90.70
Total	26.833	23.951	-
Average		-	89.43

Figure 2. The variations on mosaic disease symptoms in zucchini (A) malformation, (B) leaf distortion, (C) blistering, (D) shoe-string

3.2. Results of serological tests

For serological tests specific antisera were used detecting existance of ZYMV, PRSV and CMV. Regarding the samples with symptoms variety of 12 zucchini plantations, namely from Pekarangan, Apit Yeh, Sandan, Titigalar, Kembang Merta, Asah Gobleg, Angseri, Batunya, and Batusesa showed 75% were positive infection to ZYMV: 8.33% were positive to CMV and 0% were infected by PRSV (*Table 2*).

Dwiwiyati (2014) stated that the symptoms of ZYMV infected plants vary greatly. As on cucumber plants in Sleman and Subang the symptoms appear on the leaves are not like yellow mosaic, and blistering. Symptoms of ZYMV on green kabocha squash in Bogor region showed vein opening, yellow-green mosaics, leaf malformations, chlorosis or dominantly bright green leaves blistering or dark green pox (Nurjannah, 2014).

In Hosseini et al. (2007), and Coutts et al. (2011b) study, ZYMV infected zucchini plants showed mosaic symptoms, blistering and leaf distortion. ZYMV infection mainly has occurred on squash, melon and watermelon. Symptoms of ZYMV on the plants are great yellow mosaics on leaves, leaf shape changes, changes on leaf size to be small and plants become stunted. On the pumpkin and squash, ZYMV infection causes discoloration and deformation cause changes on fruit shape (Provvidenti 1996; Tobias et al., 2003; Coutts, 2006).

Table 2. The existence of ZYMV, CMV, and PRSV by ELISA

Sample source	I-ELISA with specific antiserum		
	ZYMV	CMV	PRsV
Buffer	-	-	-
Positive control	+	+	+
Negative control	-	-	-
Field sample			
Pekarangan	+	-	-
Apit Yeh	+	-	-
Sandan 1	+	-	-
Sandan 2	+	-	-
Titigalar	+	-	-
Batuya	-	-	-
Batusesa	-	-	-
Kembang Merta	+	-	-
Gobleg 1	-	+	-
Gobleg 2	+	-	-
Angseri 1	+	-	-
Angseri 2	+	-	-
Mechanical transmission			
Pekarangan	+	-	-
Apit Yeh	+	-	-
Kembang Merta	+	-	-

Kece and Kamberoglu (2016), reported that biological, serological and molecular detection and identification of WMV-2 in watermelon growing fields in Adana, Mersin and Osmaniye provinces in the spring and summer months of 2012, showed that the presence of WMV infection in collected 182 samples were firstly investigated by ELISA and infection ratio was determined as 46.7%. Selected WMV-2 isolates were used in mechanical inoculation and RT-PCR studies. In mechanical inoculation studies, squash (Cucurbita pepo L.), melon (*Cucumis melo* L.), cucumber (*C. sativus* L.) and watermelon (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) produced mosaic, mottle, deformation and vein banding while *C. quinoa* Willd., *C. amaranticolor* Coste and Reynier and *G. globosa* L. showed chlorotic local lesions of leaves. WMV-2 did not induce any symptoms in tobacco species (*N. tabacum* L., *N. benthamiana* L., *N. glutinosa* L. and *N. rustica* L.). In another study conducted by Önder and Korkmaz (2008), to determine prevalence of virus and viroid diseases using biological indexing for Exocortis and Satsuma dwarf, DAS-ELISA for Psorosis and DAS-ELISA and biological indexing for Citrus tristeza virus. DAS-ELISA test reveal that while 38 of 156 samples were infected with Citrus tristeza virus, none of the 10 samples tested

was positive for Psorosis. Biological indexing showed that 1 of 20 samples tested was infected with Exocortis viroid, however no symptoms were observed from the Satsuma dwarf samples.

In *Cucurbitaceae* plantations in parts of Australia, the viruses causing severe production losses to reach 100% infection of pumpkin plants. Two potyviruses are responsible for mosaic disease, *Papaya ringspot virus* (PRSV-W), previously known as the watermelon mosaic virus (WMV-1), which has been known to cause problems for *Cucurbitaceae* since 1977. The second potyvirus is the *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). It has also been a cause of mosaic disease since 1989. Lestari and Nurhayati (2014) reported the presence of several viruses on *Cucurbitaceae* plants found in West Java included *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Squash mosaic virus* (SqMV), and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). ZYMV has been known in 22 countries on five continents (Zitter et al*.,* 1996), including Indonesia. ZYMV is an important virus attacks plants belonging the *Cucurbitaceae* family worldwide. It has an important influence on *Cucurbitaceae* plants due to causing serious quantitative, qualitative and thereby serious economic lossest (Lin et al., 2000; Simmons et al., 2011).

Zucchini yellow mosaic potyvirus (ZYMV) was first identified in northern Italy. It likes other species of the family Potyviridae. ZYMV has been recorded in many countries since 1981. The efficient intercontinental spread of the virus can be explained by the international trading of infected seeds. Since coat protein (CP) analysis has become a primary method for taxonomic assignment of potyviruses the aims were to characterize this genomic region of ZYMV originating from virus-infected cucurbitaceous seedlings. Virus infection in cucurbits is typically associated with mosaic symptoms on leaves and lumpy, distorted fruit. The range of symptoms produced by each virus can overlap and plants are commonly infected by more than one virus at once. The viruses are spread by many species of aphids moving through or within a crop. Control options include: destroying old cucurbit crops as soon as harvesting is completed destroying weeds and wild cucurbits, in and around plants. This situation will harbor viruses and/or aphids that separate new plants from mature plants as these will have a high viral infection rate to avoid overlapping cucurbit plants.

4. Conclusions

1) The occurrence of zucchini yellow mosaic virus in Bali show very diverse symptoms, namely malformation, distortion on leaves and fruit, blistering, vein clearing, vein-banding and shoestring like symptom.

2) The serology test resulted of the zucchini plantation with 75% positive infection by ZYMV, while 8.33% of the plants were infected by CMV and no zucchini plants were infected by PRSV

Acknowledgment

This research was supported by the Faculty of Agriculture, Mahasaraswati University Denpasar Bali Indonesia in the form of materials needed. For that we express our gratitude to the faculty and laboratory managers.

References

Abd El-Aziz, M.H. (2020). The Importance of Potato virus Y Potyvirus. J Plant Sci Phytopathol. 2020; 4: 009-015.

Babadoost, M. (1999). Mosaic diseases of cucurbits. *Erişim:[http://web. aces. uiuc. edu/vista/pdf_pubs/926. pdf]. Erişim Tarihi*, *3*, 2014. http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/926.pdf

Barbosa, G.D.S., Lima, J.A.D.A., Queiróz, M.A.D., Dias, R.D.C.A., & Lima, C.S. (2016). Identification and effects of mixed Infection of Potyvirus isolates with Cucumber mosaic virus in cucurbits. Rev. Caatinga, Mossoró, 29(4):1028-1035.

Coutts, B. (2006). Virus diseases of cucurbit crops. *Virus diseases of cucurbit crops.*, (166).

Coutts, B. A., Kehoe, M. A., Jones, R. A. C. (2011a). Minimising losses caused by Zucchini yellow mosaic virus in vegetable cucurbit crops in tropical, sub-tropical and Mediterranean environments through cultural methods and host resistance. *Virus research*, *159*(2) : 141-160. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.04.015

Coutts, B. A., Kehoe, M. A., Webster, C. G., Wylie, S. J., Jones, R. A. C. (2011b). Zucchini yellow mosaic virus: biological properties, detection procedures and comparison of coat protein gene sequences. *Archives of virology*, *156*(12):2119-2131. https://doi.org/10.1007/s00705-011-1102-0

Davis , R.F. & Mizuki, M.K . (1986) Seed transmission of zucchini yellow mosaic virus in squash. Phytopathology 76:1073

Desbiez,C. &, Lecoq, H. (1997). Zucchini yellow mosaic virus. 1997; Plant Pathol.46: 809-829.

Dwiwiyati, N. S. (2014). Begomovirus Characterization Causes of Curly Leaf Disease in Cucumbers (*Cucumis sativus* L.). (Thesis) Bogor: Bogor Agricultural University.

Fath-Allah M., Mostafa Ahmed A., & Abou-Ela (2011). Sensitive detection of watermelon mosaic and zucchini yellow mosaic viruses from infected squash plants using serological methods and polymerase chain reaction. Egy J Experimental Biol (Bot.). 2011; 7(2): 179 – 185.

Fletcher, J.D., Wallace, A.R., & Rogers, B.T. (2000). Potyviruses in New Zealand buttercup squash (Cucurbita maxima Duch.): yield and quality eff ects of ZYMV and WMV2 virus infections. New Zealand J Crop Horticult Sci. 2000; 28: 17-26.

Greber, R.S., McLean, G.D., & Grice, M.S. (1987) Zucchini yellow mosaic virus in three states of Australia. Australas Plant Pathol 16:19–21

Greber, R.S., Persley, D.M., & Herrington, M.E. (1988) Some characteristics of Australian isolates of zucchini yellow mosaic virus. Aust J Agric Res 39:1085–1094

Hosseini, S., Mosayebi, G., Kouhi, H. D. M., Okhovat, S. (2007). Characterization of the Zucchini yellow mosaic virus from squash in Tehran province. http://hehp.modares.ac.ir/article-23-8808-en.pdf

Jossey, S., Babadoost, M. (2008). Occurrence and distribution of pumpkin and squash viruses in Illinois. *Plant disease*, *92*(1): 61-68. https://doi.org/10.1094/PDIS-92-1-0061

Kece, SM.A., & Kamberoglu, M.A. 2016. Biological, serological and molecular detection of watermelon mosaic virus (WMN-2) in watermelon growing fields in eastern mediterranean region. Journal of Tekırdag Agricultural Faculty, 2016:13 (3)-156-164.

Lecoq, H. & Pitrat, M. (1983) Field experiments on the integrated control of aphid-borne viruses in muskmel-ons. In: Plumb, R.T. and Thresh, J.M. (eds)Plant Virus Epidemiology. Blackwell, Oxford, pp. 169–176.

Lestari, S. M., Nurhayati, E. (2014). Efficiency of Squash Mosaic Virus Transmission in Cucurbitaceae. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, *10* (3) : 81. https://doi.org/10.14692/jfi.10.3.81

Lin, S. S., Hou, R. F., Yeh, S. D. (2000). Heteroduplex mobility and sequence analyses for assessment of variability of Zucchini yellow mosaic virus. *Phytopathology*, *90* (3) : 228-235. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.3.228

Lisa, V., Boccardo G., D'Agostino G., Dellavalle G., & D'Aquilio M. (1981). Characterization of a potyvirus that causes zucchini yellow mosaic. Phytopathology. 1981; 71: 667-672.

Önder,S., Korkmaz, S. 2008. Determination of virus and viroid diseases on satsuma owari mandarins by biological and serological methods in edremit gulf region. Journal of Tekırdag Agricultural Faculty, 2008:5 (2)-205-214.

Prieto, H., Bruna, A., Henrichsen P., & Munoz, C.(2001). Isolation and molecular characterization of a Chilean isolate of Zucchini yellow mosaic virus. Plant Disease. 2001; 85: 644-648. PubMed: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30823033

Matthews, R.E.F. (1992). *Fundamentals of plant virology*. Academic Press.

Nurjannah, T. (2014). Host Range of Zucchini yellow mosaic Isolate Kaboca Green virus (*Cucurbita pepo* L.). (thesis) Dep. Plant Protection Faculty of Agriculture IPB.

Prieto, H., Bruna, A., Hinrihsen P., Munoz, C.(2001). Isolation and molecular characterization of a Chilean isolate of Zucchini yellow mosaic virus. Plant Disease. 2001; 85: 644-648. PubMed: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30823033

Provvidenti, R. (1996). Diseases caused by viruses. *Compendium of cucurbit diseases*, 37-45.

Romay, G., Lecoq, H., & Desbiez, C. (2014). Cucurbit crops and their viral diseases in Latin America and the Caribbean islands: A Review. J. Plant Pathol. 96(2):227-242.

Schrijnwerkers, CCFM., Huijberts, N., & Bos, L. (1991). Zucchini yellow mosaic virus: two outbreaks in the Netherlands and seed transmissability. NethJ Pl Path. 1991; 97: 187-191.

Simmons, H. E., Holmes, E. C., Gildow, F. E., Bothe-Goralczyk, M. A., & Stephenson, A. G. (2011). Experimental verification of seed transmission of Zucchini yellow mosaic virus. *Plant Disease*, *95*(6) : 751-754. https://doi.org/10.1094/PDIS-11-10-0843

Sydanmetsa, M., & Mbanzibwa, D.R. (2016). Occurrence of Cucumber mosaic virus, Zucchini yellow mosaic virus and Watermelon mosaic virus in cultivated and wild cucurbits in the coastal areas of Tanzania. Afr. J. Agric. 11(40):4062-4069.

Tobias, I., & Palkovics, L. (2003). Characterization of Hungarian isolates of zucchini yellow mosaic virus (ZYMV, potyvirus) transmitted by seeds of Cucurbita pepo var Styriaca. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, *59* (4) : 493-497. https://doi.org/10.1002/ps.645

Walkey, D. G. (2012). *Applied plant virology*. Springer Science & Business Media.

Zitter, T. A., Hopkins, D. L., & Thomas, C. E. (1996). *Compendium of cucurbit diseases* (No. 635.6 632). American Phytopathological Society.

Zitter, T.A. & Murphy, J.F. (2009). Cucumber mosaic. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0518-01.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 24/09/20
Kabul/Accepted: 16/07/21
DOI: 10.33462/jotaf.799558

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

The Effect of Building Orientation on Utilization of Solar Energy in Dairy Cattle Barns

Süt Sığırı Barınaklarında Güneş Enerjisinden Yararlanmada Yönlendirmenin Etkisi

Hatice DELICE[1*], Erkan YASLIOGLU[2]

Abstract

In Turkey and the World, energy demand is continuously increased. In addition to the rapid depletion of fossil fuel resources used to supply the energy needs, ambient temperatures is risen, glaciers are melt and natural disasters are occured in our planet. In addition, people, animals and plants are greatly damaged due to the adverse effects of soil, water and air pollution. Solar energy is renewable, clean and easily accessible energy. Our country is more advantageous in terms of solar energy potential in comparison to many other countries and benefitting from this potential is very important. With the increasing importance of renewable energy sources, photovoltaic (PV) panels, which are able to convert solar energy directly into electrical energy, are not polluting the environment and easy to implement, are become more common. The inclination angle and position of the photovoltaic panels are the parameters that directly affect the production of electrical energy. Electrical energy is extensively used in agricultural production activities, as in every field. Especially, in animal production systems, the cost of electrical energy is an important input due to the high mechanization and the use of automation. This study was carried out in the dairy cattle barn with a capacity of 50 head in Bursa province. It was aimed to determine the amount of electrical energy produced by photovoltaic (PV) panels, located on the barn roof in four different directions (North-South, East-West, Northeast-Southwest, Northwest-Southeast), and also to find out whether produced energy is sufficient or not to meet the energy requirement of the barn. The electrical energy produced by the panels to be placed on the roofs was determined by using PVSOL software. According to the results, the amount of electrical energy produced from the panels with North-South (N), East-West (E), Northeast-Southwest (NE) and Northwest-Southeast (NW) orientation was determined as 179.453,0 kWh, 159.655,0 kWh, 175.950,0 kWh and 138.245,0 kWh, respectively. The annual electrical energy requirement of the barn with 50 head capacity was calculated as 25.200,0 kWh. In this case, it was calculated that the energy produced from the N, E, NE and NW orientations met the requirements of the barn by 5 to 7 times.

Keywords: Dairy Cattle, Orientation, Photovoltaic Panel, PVSOL, Solar Energy

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:**. Hatice Delice, Bursa Uludag University, Graduate School of Natural and Applied Science, Bursa, Turkey. E-mail: hatidelice1@gmail.com OrcID: 0000-0002-0781-2154

[2] Erkan Yaslıoglu, Bursa Uludag University, Agricultural Faculty, Department of Biosystem Engineering, Turkey. E-mail: yasli@uludag.edu.tr OrcID: 0000-0002-3865-7863.

Atıf/Citation: Delice H, Yaslıoglu E. The effect of building orientation on utilization of solar energy in dairy cattle barns. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 419-427.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Türkiye'de ve Dünya'da enerji talebi sürekli artmaktadır. Gezegenimizde enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesinin yanı sıra ortam sıcaklıkları yükselmekte, buzullar erimekte ve doğal afetler meydana gelmektedir. Ayrıca toprak, su ve hava kirliliğinin olumsuz etkilerinden dolayı insanlar, hayvanlar ve bitkiler büyük ölçüde zarar görmektedir. Güneş enerjisi, tükenmeyen, temiz ve kolay erişilebilen bir enerjidir. Ülkemiz sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır ve söz konusu potansiyelin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önem kazanmasıyla birlikte güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen, çevreyi kirletmeyen ve uygulanması kolay olan fotovoltaik (PV) paneller her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Fotovoltaik panellerin eğim açısı ve konumu elektrik enerji üretimini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Her alanda olduğu gibi tarımsal üretim faaliyetlerinde de elektrik enerjisi yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle hayvansal üretim sistemlerinde, yüksek mekanizasyon ve otomasyon kullanımı nedeniyle elektrik enerjisi maliyeti, işletmeler için önemli bir girdi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, Bursa ilinde 50 baş kapasiteli süt sığırcılığı ahırında gerçekleştirilmiştir. Farklı yönlerde çatıya gelen güneş ışığının nasıl değiştiğini ortaya koymak amacıyla barınak 4 farklı (Kuzey-Güney, Doğu-Batı, Kuzeydoğu-Güneybatı, Kuzeybatı-Güneydoğu) yönde konumlandırılarak her bir yön için üretilen elektrik enerjisi belirlenmiştir. Çatılara yerleştirilecek panellerin ürettiği elektrik enerjisi PVSOL yazılımı kullanılarak belirlendi. Elde edilen sonuçlara göre Kuzey-Güney (K), Doğu-Batı (E), Kuzeydoğu-Güneybatı (KD) ve Kuzeybatı-Güneydoğu (KB) yönelimli panellerden üretilen elektrik enerjisi miktarı sırasıyla 179.453,0 kWh, 159.655,0 kWh, 175.950,0 kWh ve 138.245,0 kWh olarak belirlenmiştir. 50 baş kapasiteli ahırın yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı 25.200,0 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu durumda K, D, KD ve KB yönlerinden üretilen enerjinin ahırın ihtiyacını 5 ila 7 kat karşıladığı hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süt sığırı, Yönlendirme, Fotovoltaik panel, PVSOL, Güneş enerjisi

1. Introduction

In Turkey and the World, energy demand is continuously increased. In addition to the rapid depletion of fossil fuel resources used to supply the energy needs, ambient temperatures had risen, glaciers are melted and natural disasters have occurred in our planet.

Additionally, people, animals and plants are greatly damaged due to the adverse effects of soil, water and air pollution. To mitigate all these negative effects, solar energy, which is not cause environmental problems and is not threaten the lives of living creatures, is of great importance for the future of human beings as a clean, reliable and sustainable renewable energy source.

One of the most common Renewable Energy Sources on earth is solar energy. From this energy, electricity and heat can be obtained. In addition, since using solar energy is more costly than using fossil fuel today, only 0.04% of the incoming solar energy potential is used (Mohtasham, 2015).

Due to the shape of the earth (geoid), the angle of the sun rays to fall on the earth differs according to the coordinates. For this reason, the annual insolation amounts of the coordinates where a place where photovoltaic panel (PV) planning will be made directly affects the energy obtained from the panel (Thomas, 2003).

Turkey due to its geographical location is relatively advantageous in terms of solar energy and potential renewable energy sources. According to the Turkey's Solar Energy Potential Atlas (GEPA), the annual sunshine duration is 2.737,0 hours (daily total of 7.5 hours) per year, the total incident solar energy 1.527,0 kWh m^{-1}.$year^{-1}$ corresponding to 4.2 kWh m^{-1} per day^{-1}, total annual sunshine duration is 6.8 hours, annual total incoming solar energy is 1.394,0 kWh m^{-1}.$year^{-1}$, 3.8 kWh m^{-1} per day^{-1} (Anonymous, 2015a).

Solar energy, compared with other renewable energy sources, energy sources with the highest potential in Turkey (EEG, 2016). Turkey's potential annual electricity production from solar energy is estimated to be at least 500 GW (Bayraktar, 2016).

When the Turkey's solar energy potential distribution is examined by region, it can be easily seen that the Marmara region is on 6th ranks with the value of 1.168,0 kWh $m^{-1}year^{-1}$ (Anonymous, 2014). On the other hand, in Turkey, solar panels might be used in every region to supply sufficient electric power (Türkboyları and Yüksel, 2021).

The number of dairy cattle in Turkey was increased from 5.969.047,0 head in 2017 to 6.337.906,0 in 2018 with 6.2% rate of increase. According to the 2018 data, Bursa province has 236.604 head cattle (Tuik, 2019). Bursa, located in the southern Marmara Region of Turkey, is one of the provinces with the largest dairy cattle barns in the region, besides being rich in dairy farms (Yaslioglu and Ilhan, 2016). Dairy cattle management is one of the most suitable sectors for agricultural investment in Bursa because of the ratio of meeting the requirement of forage silage is 90-99% and the ratio of meeting the need of hay is between 80-85%. Bursa is also at the forefront in terms of both the number of milk processing plants (establishments) and its capacity. Considerable part of the milk needs of the companies that produce for the national market is provided from Bursa. Therefore, there is no market problem for dairy cattle breeders in Bursa (Anonymous, 2017).

It is possible to use solar energy efficiently in almost every region of the Turkey. Nowadays, solar energy systems in Turkey are often used to meet the needs of the domestic water heating and buildings heating. In recent years, solar energy systems to support heating have become increasingly common. The use of solar energy to meet the hot water requirement in swimming pools and various facilities, cooling buildings, drying plants and power production plants is increased (Anonymous, 2015b).

With renewable energy sources becoming more important, photovoltaic (PV) panels, which can convert solar energy directly to electrical energy, nonpolluting and easy applicable, are becoming widespread. The angle and position of the photovoltaic panels are the parameters that directly affect the its electrical energy production capacity.

Photovoltaic panels (PV) transform solar energy into electrical energy with an efficiency of 6-20%, depending on the semiconductor material in their structure. It has been stated that panel inclination angle, shading, dusting,

solar radiation intensity and temperature are effective on the efficiency of photovoltaic panels (Irwanto et al., 2014; Bhol et al., 2015).

As in all fields, electrical energy is also used extensively in agricultural production activities. Especially in animal production systems, the cost of electrical energy emerges as an important input for enterprises due to the use of high mechanization and automation (Peterson, 2008).

There are several studies that examines the structural aspect of cattle houses in various regions of Turkey (Soyak et al., 2007, Ozyürek et al. 2014, Kurc and Kocaman, 2016). But there is little study on the effect of site selection on energy use efficiency of cattle barn. Therefore, this study was carried out in order to find the appropriate orientation according to the amount of electrical energy produced by the PV panels placed on the roof in order to meet the energy consumed in a dairy cattle barn with a capacity of 50 head in Bursa and to determine the fulfilment ratio of the energy demand of the barn.

2. Materials and Methods

2.1. Experiment site and barn plan

In this study, a dairy cattle barn with a capacity of 50 heads planned to be established in Bursa Uludağ University Research and Application Center in the Marmara Region was used as study material.

Firstly, the amount of electrical energy consumed by the farm was calculated based on assumption of 42 kWh energy consumption per animal per month (Collar et al., 2000). Accordingly, the annual amount of electricity to be consumed was calculated based on the animal number of the enterprise in the study.

Collar et al., (2000) conducted a study in California to increase energy efficiency in dairy cattle enterprises, promote energy savings and reduce energy costs in dairy farms. In this study, monthly milk production and electricity usage data were collected for 12 months in 42 barns that have an average of 984 cows. As a result of the study, they determined that approximately 42 kWh of electricity was used per cow per month.

In order to determine sunlight variations on the roof, it was assumed that the barns were positioned in 4 different directions as North-South (N), East-West (D), Northeast-Southwest (NE), and Northwest-Southeast (NW) and, accordingly the amount of annually electrical energy for each direction was determined.

The dimensions of the 50 head dairy cattle barn planned to be built are 16.70 m * 76 m, and the roof area is 1.429,0 m^2. Barn section is given in *Figure 1*. In the study, it is planned to cover the entire roof with a solar panel.

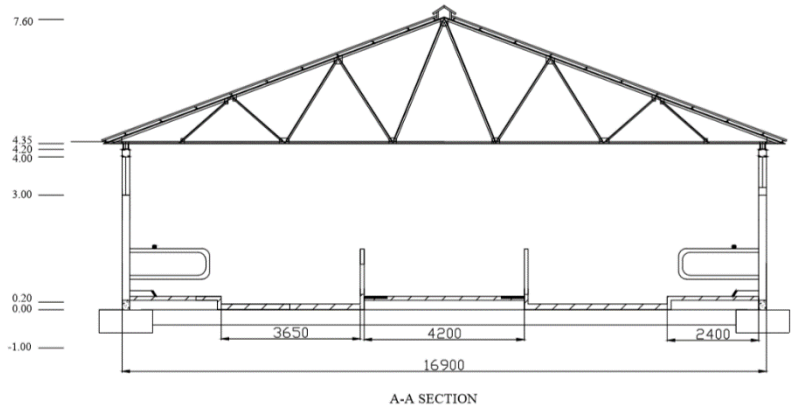


Figure 1. Barn section

2.2. Design of solar panels

The amount of electrical energy produced by the panels on the roofs was calculated using PVSOL software. The PV panel capacity is 320 wp power and dimensions are 1.652,0 × 1.306,0 × 50,0 mm. The total power of the panels is 160 kWp. According to the calculations carried out in the PVSOL, it was determined that there is a need

for 5 invertors. The panel and inverter used were selected from the energy systems companies in the PVSOL software.

PVSOL Premium a PV simulation software is used to design the three-dimensional (3-D) building blocks with solar panels adjusted optimally on shade free regions of the roof with optimum tilt angle (equal to latitude angle) to tap maximum solar radiation and in turn increase the productivity of the system (Sharma and Gidwani, 2017).

It is planned that the direct current (DC) electrical energy produced by the PV panel system will be converted to alternative current (AC) with the help of an inverter and delivered directly to the electrical installation.

In the study, which orientation is more beneficial in terms of solar energy efficiency of the barn planned to be positioned in different direction was analyzed.

3. Results and Discussion

PVSOL software was used to calculate solar potential in many areas. For example, Sharma and Gidwani (2017) carried out study on feasibility of grid connected roof mounted solar photovoltaic installations on Rajasthan Technical University campus hostel buildings in India using PV simulation software-PVSOL premium. They concluded that a 234 kilowatts of PV installation can full fill all the Electrical load needs and all the investments made will be returned in a span of eleven years.

Ozden et al., (2020) compare the estimation of three software (PV*Sol, PVsyst, HelioScope) using a whole year field data obtained in Ankara, for five-module types. They stated that the estimation accuracies of the software are reasonable based on comparisons.

The first study on renewable energy use in animal barns was the solar electricity generation and feasibility study of the Delaware poultry farm in April 2005 (Byrne et al., 2005). In this study, feasibility of system was analysed and alternative scenarios and cost conditions were evaluated with simulation model approach. The study shows that solar energy is more economical for poultry producers in certain regions and under certain policies in the USA.

Akyüz et al., (2009) examined the technological and economic feasibility of a hybrid system to meet the energy needs of a typical commercial poultry farm independent of the electricity grid in order to economical evaluate the hybrid renewable energy systems in the industrial poultry sector. In the study, carried out in the chicken farm operating in Balıkesir province, different systems were designed to meet the demand for the load by examining the system energy cost, operating hours of diesel generator, unacceptable loads, excessive electricity generation and fuel saving.

In the study conducted by Dagtekin, (2012) in order to meet the electricity demand of the evaporative cooling (fan-pad) system of a poultry house with a capacity of 20.000,0 broilers, the amount of electricity produced between June and September was 2.500,0 kWh. It was shown that the use of this energy produced in the operation of the cooling system and the rest in the mechanisms such as lighting and feed mechanization will significantly reduce the electrical charge of the enterprise. In addition, the net amortization time of the PV electricity generation system is 9.2 years and the electricity generation cost is determined as 0.1100 TL kWh^{-1}.

Erensoy et al., (2015) examined the relationship between consumption and season in order to determine energy use characteristics in a fully environmentally controlled poultry house with 70.000,0 laying hens. They found that the average electricity consumption per 1000 chickens was 1.480 kWh $year^{-1}$. In the study, where the seasonal effect on the energy consumption profile of the houses was also significant, the highest electricity consumption rates were observed in summer by 88% (ventilation-cooling), autumn by 62% (ventilation-lighting) and winter by 51% (ventilation-lighting). It has been concluded that increasing the energy efficiency in ventilation, cooling and lighting applications and/or the preference of renewable energy sources will provide significant savings in fully environmentally controlled poultry houses.

Regarding the studies conducted, the use of renewable energy in animal barns was generally applied in poultry houses. In dairy cattle barns electricity is required for several operations such as milking, milk storage, lighting and ventilation. Therefore, energy cost is one of the basic management costs for barns. On the other hand, studies regarding the use of solar energy in dairy cattle barns have not been found in extensive literature searches. At the

same time, Bilgili and Aybek, (2019) analyzed 100 scientific studies (57 articles, 29 theses, 15 reports and 5 papers) to evaluate in terms of the requirements of scientific work made the last 40 years in Turkey about structural and mechanization features of dairy cattle barns stated that there is no research on the use of renewable energy sources in dairy cattle barns.

In the agricultural sector, the livestock industry where electricity energy is mostly consumed except for house is dairy cattle farming. The correct identification of dairy cattle farms' power and energy needs in mechanization works in Turkey is very important to eliminate the difficulties to be faced in the future energy production and distribution (Kasap, 1985).

The annual amount of electricity required for the barn considered in the study was calculated as 25.200,0 kWh. According to the results obtained from PVSOL software, the amount of electrical energy produced in North-South (N) oriented panels is 179.453,0 kWh, whereas the amount of electrical energy produced in East-West (E) direction is 159.655,0 kWh. The amounts of electrical energy obtained in Northeast-Southwest (NE) and Northwest-Southeast (NW) orientations are 175.950,0 kWh and 138.245,0 kWh, respectively (*Table 1).*

Table 1. The amount of energy consumed annually and produced in the panels

Barn Direction	Number of dairy cattle available (head)	Annual amount of energy required for barn (kWh)	Annual amount of energy to be produced in panels (kWh)
N	50	25.200,0	179.453,0
E	50	25.200,0	159.655,0
NE	50	25.200,0	175.950,0
NW	50	25.200,0	138.245,0

The energy consumption value of the barn is constant in all 4 directions throughout the year. However, the amount of energy production varies according to the direction of the panel and the season. In general, the highest energy production is obtained in June, July and August, while the lowest production is observed in December, January and February (*Figure 2, 3, 4* and *5*).

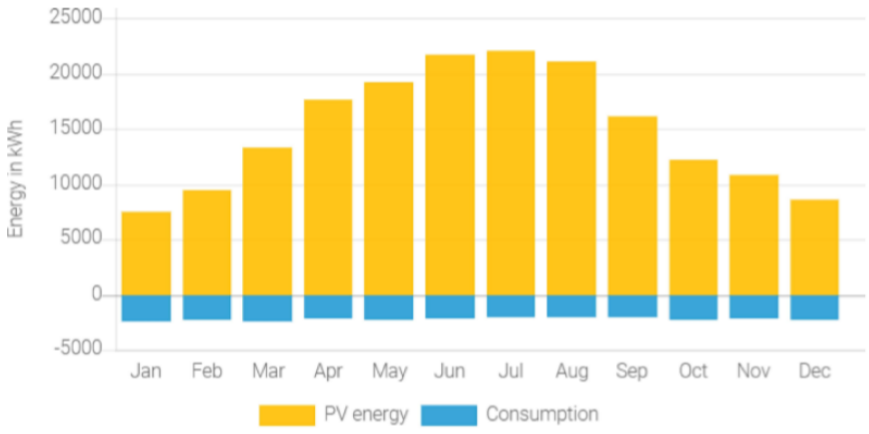


Figure 2. North-South (N) direction energy production and consumption

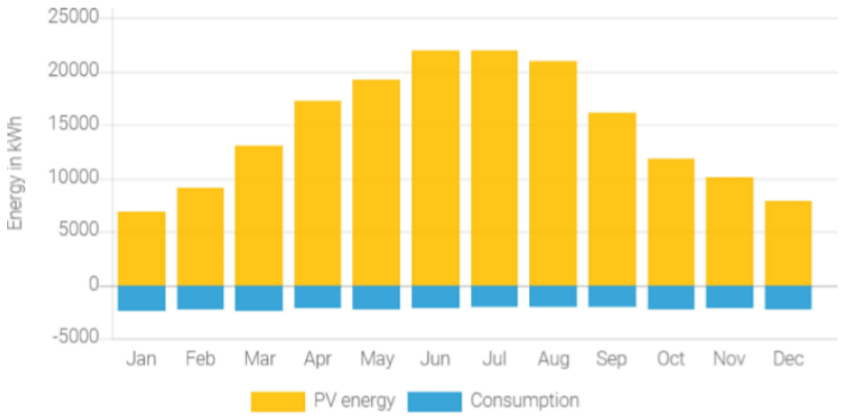


Figure 3. Northeast- Southwest (NE) direction energy production and consumption

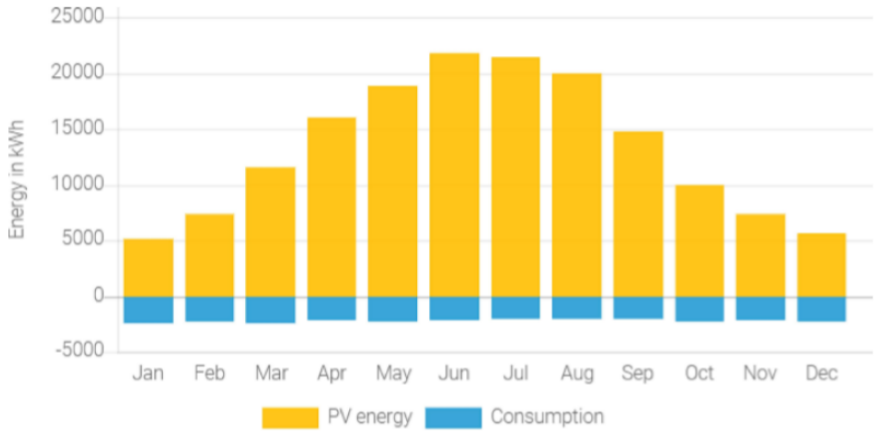


Figure 4. East-West (E) direction energy production and consumption

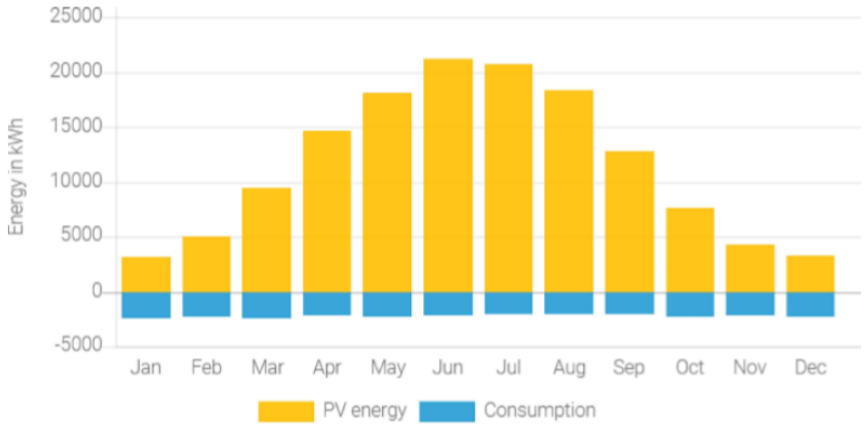


Figure 5. Northwest- Southeast (NW) direction energy production and consumption

4. Conclusions

Monthly energy production and consumption graphs for each orientation are given in *Figure 2-5*. Energy requirement of the barn was considered as constant (25.200,0 kWh) for all months. The highest energy production in June, July and August; the lowest energy production was realized in December and January. However, even in January when energy production is minimum, more energy production than the barn's requirement was achieved.

In other words, if the solar energy system is used in the barn considered in the study, the energy need could be met throughout the year without any problems.

The amount of electrical energy produced from all orientation options meets the needs of the barn but the highest production was obtained from the North-South orientation (179.453,0 kWh). Considering that the excess electricity produced will be sold to the electricity company, it seems that the most suitable option is to choose orientation in which the maximum electrical energy production is achieved.

According to the long-term meteorological data of the region, since the dominant wind direction in the region is Northeast, it would be appropriate to orientate the barn in the North-South direction in order to increase the efficiency of natural ventilation and to better benefit from solar energy.

Despite the high initial investment costs, PV systems have a 10-year non-fail guarantee and a 25-year operating guarantee, and maintenance costs are very low. Farmers using this system will make significant gains in the long run. For this reason, studies should be carried out and encouraged to widespread of solar energy, which is one of the renewable energy sources that can be an alternative to traditional energy sources.

The use of electrical energy, which is one of the serious input costs in animal production, negatively affects the prices of meat, milk and other animal products, and the producer's competition chance decreases. On the other hand, the issues of environmental problems that have increased in recent years and the reasons of environmental pollution by dairy cattle enterprises are on the agenda. Therefore, by using solar energy, both input costs will be saved and environmental pollution will be prevented by reducing CO_2 emissions from dairy cattle barns.

As a result of the production of electrical energy with PV, it is possible to create a chance for small enterprises to struggle, for medium-sized enterprises to develop, and for large enterprises to compete in the national and international market.

References

Akyüz, E., Bayraktar, M., Oktay, Z. (2009). A feasibility study on hybrid renewable energy systems for the industrial broiler sector: An application. Journal of Balıkesir University Science and Technology Institute, Volume: 11, Issue 2, p. 44-54.

Anonymous (2014). TMMOB Chamber of Mechanical Engineers. "Turkey's Energy View" No: MMO/2014/616, Ankara.

Anonymous (2015a). Energy and Natural Resources Ministry. Information Center, "Sun" http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes , (Access date: 06.06.2015).

Anonymous (2015b) ECA "Solar Energy Systems" http://www.elginkan. com.tr/assets/media/mediaFile_52f889fc17d27.pdf. (Access date: 06.06.2015).

Anonymous (2017). Bursa Agricultural Investment Guide. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Strategy Development Department, Agricultural Investor Advisory Office, Bursa, 2017.

Bayraktar, K G. (2016). "Güneş Ülkemizin Enerji Geleceğidir." 13 (Saha yayın), 52-56.

Bhol, R., Dash, R., Pradhan, A., Ali, S. (2015). Environmental effect assessment on performance of solar PV panel. Paper presented at the Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), International Conference on.

Bilgili E., Aybek A. (2019). Evaluatıon in Terms of Requırements in Applıcatıon of Carrıed Out Scıentıfıc Studies for Structural and Mechanization Properties of Dairy Cattle Farms in Turkey. Çukurova II. International Multidisciplinary Studies Congress, Full paper, p: 817-833. 26-28 April, Adana.

Byrne, J., Glover, L., Hegedus, S., Vanwicklen, G. (2005). The Potential of Solar Electric Applications for Delaware's Poultry Farms. Working paper. Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware.

Collar, C., Shultz, T., Peterson, N., Wubishet, A. (2000). Higginbotham G. Dairy and Livestock, California Dairy Energy Project, Research Report, California.

Dagtekin M. (2012). Tecno-ekonomic Feasibility Analysis of Solar Energy Use in Cooling of Broiler Poultry Houses. Cukurova University Journal of the Faculty of Agriculture, 27 (2): 11 - 20.

EEG (2016). The EU Project BETTER-Introduction to Modelling Framework. (Access date: 28.10.2016). http://better-project.net/sites/default/ files/Introduction to the modeling framework_ TUWIEN. pdf.

Erensoy, K., Altan, A, Bayraktar, H. (2015). Characteristics of Energy Usage and Energy Savings Opportunities in Environmentally Controlled Egg Production Houses. 9. National Animal Science Congress (Konya), Full Text Book, September 3-5. pp: 495-500.

Irwanto, M., Irwan, Y., Safwati, I., Leow, W.-Z., Gomesh, N., 2014. Analysis simulation of the photovoltaic output performance. Paper presented at the Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), IEEE 8th International.

Kasap A. (1985). Optimum Use Limits of Electrical Energy in Dairy Cattle Enterprises. 9th National Agricultural Mechanization Congress, May 20-22, Adana.

Kurc, H. C. and Kocaman I. (2016.) Examination of Cattle Animal Farms Based On Structural Properties in The Tekirdag-Malkara Region Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 13 (04): 84-91.

Mohtasham, J. (2015). Renewable Energies. Energy Procedia, 74, 1289-1297.

Ozden, T., Karaveli, A B., Akinoglu, B G. (2020). Comparison of the Models of Solar PV Performance Calculations for Ankara – Middle Anatolia. European Journal of Science and Technology, (18), 54-60.

Ozyürek, S., Kocyigit, R., Tüzemen, N. (2014). Structural Features of Dairy Farmers in the Erzincan: The Example of Çayırlı District. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 11 (3): 19-26.

Peterson R. (2008). Energy Management for Dairy Farms. Presentation at the Farm Energy Audit Training for Field Advisors Workshop.

Sharma, R., Gidwani, L. (2017). "Grid connected solar PV system design and calculation by using PV∗SOL premium simulation tool for campus hostels of RTU Kota," 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), Kollam, pp. 1-5.

Soyak, A., Soysal, M. I., Gürcan, E .K. (2007). In Investigation of Structural Properties of Dairy Enterprises and Morphologic Characteristics of Black and White Cattle in Tekirdag Province. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 4 (3): 297-305.

Thomas R. (2003). Photovoltaics and architecture: Taylor & Francis, New York.

Tuik (2019). Turkish Statistical Institute. Livestock Statistics for Bursa Province, 2018. (Access date: 20.08.2019).

Türkboyları E.Y., Yüksel A. N. (2021). Use of Solar Panel System in Vermicompost (Worm Manure) Production Facilities as Source of Energy. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 18 (1), 91-97.

Yaslıoglu E., Ilhan H. (2016). An Analysis of Dairy Cattle Production in Southern Marmara in terms of Heat Stress. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. 13 (04).

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 06/10/20
Kabul/Accepted: 27/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.806274

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Morphological Characterization of Some Hybrid Red Head Cabbage (*Brassica oleracea* L.var. *capitata* subvar. *rubra*) Varieties

Bazı Hibrit Kırmızı Baş Lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* subvar. *rubra*) Çeşitlerinin Morfolojik Karakterizasyonu

Mehtap ÖZBAKIR ÖZER[1*], Hayati KAR[2], Şenay MURAT DOĞRU[3], Nur KOBAL BEKAR[4]

Abstract

This research aims to determine the morphological characteristics of different hybrid varieties in red head cabbage varieties, which has an important share in vegetable production, in Samsun province. In this study carried out at the Black Sea Agricultural Research Institute, 15 hybrid varieties were examined in terms of 28 different characteristics. Significant variations were observed in terms of the characteristics studied among hybrid varieties. Plant length varied between 36.33-57.67 cm, plant width varied between 61.67-97.33 cm, head weight varied between 905.0-1693.33 g, length of outer leaf varied between 32.83-46.33 cm, the width of outer leaf varied between 21.5-37.33 cm, length of head varied between 13.67-18.83 cm, the diameter of head ranged from 11.53-14.67 cm, length of interior stem varied between 5.63-8.67 cm and diameter of interior stem varied between 2.33-3.83 cm. It was found that the outer leaves covered the upper part of the head, the hardness of the head was very tight, the shape of the head was broad obovate, and the outer leaves of the heads had a dark violet color. The period from seedling planting to the maturation of the heads varied 68 to 125 days, and all varieties remained in the field for a long time without cracking. Yaldız is determined as the best variety in head weight, head length, and head diameter, traits correlated with cabbage yield. In addition, the highest plant height was observed in Caballero variety, and the highest plant width was observed in Red Taste variety. Remala is determined as the earliest variety, and Red Charisma is determined as the latest variety. It is thought that the varieties that become prominent in terms of head weight, head shape, head color characteristics in red head cabbage can be evaluated in hybridization and variety development studies.

Keywords: Red head cabbage, Morphological characterization, Variety, Yield, Hybrid

[1*]**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Mehtap Özbakır Özer, Black Sea Agricultural Research Instıtue, Samsun, Turkey. E-mail: mehtap_ozbakir@hotmail.com OrcID: 0000-0002-9519-2169

[2] Hayati Kar, Black Sea Agricultural Research Instıtue, Samsun, Turkey. E-mail: hayati.kar@tarimorman.gov.tr OrcID: 0000-0002-7911-9295.

[3] Senay Murat Dogru" Black Sea Agricultural Research Instıtue, Samsun, Turkey. E-mail: senaymurat86@gmail.com OrcID: 0000-0001-7794-0365

[4]Nur Kobal Bekar, Black Sea Agricultural Research Instıtue, Samsun, Turkey E-mail: n.kbekar@hotmail.com OrcID: 0000-0001-7803-4380

Atıf/Citation: Özbakır Özer, M., Kar, H., Doğru, Ş.M., Bekar, N.K. Morphological Characterization of Some Hybrid Red Head Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* subvar. *rubra*) Varieties. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 428-435.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Bu araştırma ile Samsun ili sebze üretiminde önemli bir paya sahip olan farklı hibrit kırmızı baş lahana çeşitlerinin morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bu çalışmada 15 adet hibrit kırmızı baş lahana çeşidi 28 farklı özellik yönünden incelenmiştir. Hibrit çeşitler arasında incelenen özellikler bakımından büyük bir varyasyon olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerde bitki boyu 36.33 cm ile 57.67 cm, bitki eni 61.67 cm ile 97.33 cm, baş ağırlığı 905.0 g ile 1693.33 g, yaprak uzunluğu 32.83 cm ile 46.33 cm, yaprak eni 21.5 cm ile 37.33 cm, baş uzunluğu 13.67 cm ile 18.83 cm, baş çapı 11.53 cm ile 14.67 cm, iç sap uzunluğu 5.63 cm ile 8.67 cm, iç sap çapı ise 2.33 cm ile 3.83 cm arasında değişmiştir. Kırmızı baş lahana çeşitlerinde başın üst kısmının dış yapraklar tarafından örtülü, baş sertliğinin çok sıkı, baş şeklinin geniş yumurta ve başlarda dış yaprak renginin koyu menekşe olduğu belirlenmiştir. Fide dikiminden başların olgunlaşmasına kadar geçen sürenin 68 ile 125 gün arasında değiştiği ve hibrit çeşitlerin tamamının arazide uzun süre çatlamadan kaldığı gözlenmiştir. Çalışmada verime etki eden önemli özelliklerden baş ağırlığı, baş uzunluğu ve baş çapı yönünden performansı en iyi olan çeşidin Yaldız olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek bitki boyu Caballero çeşidinde belirlenirken, en yüksek bitki eni ise Red Taste çeşidinde saptanmıştır. Olgunlaşma süreleri yönünden değerlendirildiğinde Remala çeşidinin erkenci, Red Charisma çeşidinin ise geççi olduğu belirlenmiştir. Kırmızı baş lahana da baş ağırlığı, baş şekli ve baş rengi ve mumsuluk özellikleri bakımından öne çıkan bu çeşitlerin melezlemeler ile çeşit geliştirme çalışmalarında değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı baş lahana, Morfolojik karakterizasyon, Çeşit, Verim, Hibrit

1. Introduction

Brassica is a genus that belongs to the '*Brassicaceae*' family, known as the mustard family. There are 159 species in the Brassica genus (Zhou, 2001; Zhou et al., 2006). Brassica vegetables consist of *Brassica oleracea* and *Brassica campestris* species (Monteiro and Lunn, 1998). The important Brassica vegetables are listed as; head cabbage (var. *capitata*), acephala, garden cultivars (var. *acephala*), savoy cabbage (var. *sabauda*), cauliflower and romanesco (var. *botrytis*), broccoli (var. *italica*), brussels sprouts (var. *gemmifera*), kohlrabi (var. *gongylodes*), Kai-lan, Chinese leaf sprouts (var. *alboglabra*), Tronchuda cabbage (var. *costata*), curly kale (var. *sabellica*), palm cabbage (var. *palmifolia*), marrow cabbage (var. *medullosa*) and wild cabbage (*B. oleracea* var. *oleracea*). (Song et al., 1988; Song et al., 1990).

Although many different types of cabbage are cultivated worldwide, white cabbage, red head cabbage and leaf cabbage are grown and consumed more commonly in our country (Yağmur et al., 2003). Red head cabbage is a winter vegetable with an important place in human nutrition with its high antioxidants and fiber content. In addition, it is cultivated intensively in our country and has great economic importance. While cabbage is a vegetable consumed primarily in winter in our country, it has been consumed throughout the year except for 1-2 months (Onus and Polat, 2000). Red head cabbage production of our country is 187.948 tons. With 109.570 tons, Samsun is the largest producer of red cabbage, accounting for nearly 57% of its production. Samsun is followed by Konya (12.356 tons), Antalya (11.631 tons) and Bursa (10.477 tons) provinces (TUİK, 2018).

Red head cabbage has a rich genetic diversity because it is a highly cross-pollinated vegetable. For this reason, it can be grown in different ecologies both in the world and in many parts of our country. Today, F1 hybrid varieties are used extensively in vegetable production due to their superior properties such as earliness, yield, quality, homogenous development, resistance to biotic and abiotic stress conditions. In our country, hybrid varieties are mostly used in red head cabbage cultivation.

This research, it is aimed to determine the morphological characteristics, growth habits, earliness, and productivity levels of redhead cabbage hybrid cultivars grown in Samsun ecological conditions.

2. Materials and Methods

This research was carried out at the Black Sea Agricultural Research Institute in 2018 and 2019. 15 hybrid red head cabbage varieties (Pedro, Alex, Anexa, Red Charisma, Yaldız, Huzaro, Davaro, Remala, Caballero, Red Taste, Resima, Bandolero, Klimaro, Ametist and Maestro) were used as plant material.

The seeds of red head cabbage varieties were sown on 16 July 2018 at Black Sea Agricultural Research Institute. Seedlings were grown in an unheated plastic greenhouse. For seedling cultivation, seed trays (45 cells) with a 5.5 x 5.5 cm cell size were used. Growing medium formed from a 3:1 mixture of peat and perlite. Twenty seedlings for each red head cabbage genotypes were planted at the 4 to 5 true leaf stage with a plant spacing of 70x30 cm in the second week of August. The study was carried out according to a randomized block experimental design. During the study, cultural procedures (irrigation, fertilization, weed cleaning, etc.) were carried out regularly.

Morphological characterization of the materials was carried out in the period of head-formation and harvest, and observations and measurements were made according to the criteria of the International Association for the Protection of New Plant Varieties (UPOV, 2004) and the International Institute for Plant Genetic Research (IPGRI, 1990). A total of 28 traits were examined in each variety *(Table 1)*.

Table 1. Morphological characterization criteria examined in red head cabbage varieties

Traits and Descriptions
Plant length (cm)
Plant width (cm)
Weight of head (g)
Length of head (cm)
Diameter of head (cm)
The shape of the head (transverse narrow elliptic, elliptic, round, broad elliptic, broad obovate, broad ovate, angular ovate, cylindrical)
The internal color of the head (pink, dark pink, red, dark red, violet, light violet, dark violet)
Top leaf color of the head (dark green, blue-green, light green, violet, dark violet)
Covering of head (not covered, partially covered, covered)
The hardness of the head (very loose, loose, medium, tight, very tight)
Length of the interior stem (cm)
Diameter of the interior stem (cm)
Length of the outer leaf (cm)
Width of the outer leaf (cm)
Outer leaf angle (vertical angle (87º<), open (~67°), half slant (~45°), slant (<30°), drooping (<-10°)
The shape of the outer leaf (circular, elliptic, circular, broad ovate, spatula, spear, long)
Outer leaf teeth (absent, present)
Outer leaf end shape (pointed, medium, round and narrow round)
Blistering of the outer leaf (absent or very weak, medium, strong)
Size of blisters in outer leaf (small, medium, large)
Waxiness on the outer leaf (absent or very weak, weak, medium, strong, very strong)
Color of the outer leaf (dark green, blue-green, light violet, violet, dark violet)
The color intensity of the outer leaf (light, medium, dark)
Maximum width region of the head (at the top, in the middle, at the bottom)
The shape of the base in longitudinal section (rounded, flat and arched)
Time of harvest maturity (days) (early, medium, late, too late)
Resistance to cracking (low, medium, high)
Duration of mature heads in the field (short, medium, long)

Analysis of variance was performed using the (ANOVA) package program of the obtained data. Duncan's multiple comparison test determined P=0.01 significance levels.

3. Results and Discussion

In the study, the plant length value of varieties varied between 36.33 and 57.67 cm. The lowest plant length was determined in Maestro, and the highest plant length was determined in Caballero varieties *(Table 2).* Among the redhead cabbage varieties, the lowest plant width was 61.67 cm in the Alex variety, and the highest plant width was 97.33 cm in the Red Taste variety. Acar and Paksoy (2006) determined the plant length as 25.02 cm in ACN-33 F1 red head cabbage variety and 24.99 cm in Royal F1 variety. Aşçıoğul (2009) was determined that the plant length was 74.00 cm and width of the plant was 79.33 cm in redhead cabbage. The plant length of redhead cabbage was reported by Thapa and Prassad (2012) as 69.5 in Red Quen variety by Maltaş et al. (2017) as 23.06 cm and by Salwa et al. (2019) as 27.51 cm.

The length of the outer leaf varied between 32.83 cm and 46.33 cm, and the width of the outer leaf varied between 21.50 cm and 37.33 cm in the examined varieties *(Table 2).* While Aşçıoğul (2009) determined the length of outer leaf as 29.2-33 cm and the width of outer leaf as 30.33 cm in redhead cabbage, Salwa et al. (2019) were found the length of outer leaf as 21.24 cm and the width of outer leaf as 13.43 cm. It was determined that the cultivars had mostly spatula leaf shapes. However some of the varieties had broad ovate and circular leaf shapes *(Table 3).* Outer leaf end shape is determined as narrow rounded in Resima and Caballero varieties and is determined as broadly rounded in other varieties. In most of the red head cabbage varieties, blistering of the outer

leaf could not be detected. Size of blisters in outer leaf characteristic, which was determined as the medium in the leaves of the Klimaro cultivar and as large in the leaves of the Anexa, Remala, and Huzaro cultivars, could not be detected among the other red head cabbage cultivars. Waxiness is a desired feature in red head cabbage leaves and heads. Moreover, it was determined as strong in Klimaro and Red Charisma varieties *(Table 3).*

Table 2. Morphological characterization parameters of red head cabbage varieties

Variety	Plant length	Plant width	Weight of head	Length of outer leaf	Width of outer leaf	Length of head	Diameter of head	Length of interior stem	Diameter of interior stem
Kaberola	57.67 a	92.33 b	973.33 e	43.70 bc	23.00 h	15.50 fg	11.53 f	6.43 fgh	3.23 bc
Red Taste	54.33 b	97.33 a	1131.67 d	46.33 a	31.67 cde	15.00 g	12.00 ef	5.87 hı	2.60 fg
Resima	54.00 b	92.00 b	1223.33 c	43.93 bc	37.33 a	15.50 fg	11.97 ef	7.60 bc	3.00 c-f
Anexa	51.00 c	92.00 b	1381.67 b	46.00 b	33.00 c	18.73 ab	13.07 bcd	6.73 ef	3.07 b-e
Yaldız	50.33 c	92.67 b	1693.33 a	45.67 b	29.83 e	18.83 a	14.67 a	8.17 ab	3.83 a
R.Charisma	49.83 cd	76.33 cd	1403.33 b	35.73 gh	30.27 de	18.13 ab	13.17 bcd	7.17 cde	3.23 bc
Bandolero	47.00 de	93.00 b	1325.00 b	42.33 cd	27.33 f	17.90 bc	12.53 def	6.80 def	3.23 bc
Huzaro	46.83 e	91.00 b	1208.33 cd	43.00 cd	32.33 cd	17.07 cd	12.33 def	6.90 def	2.87 c-f
Davaro	45.33 ef	77.33 cd	1323.33 b	40.67 de	33.33 c	16.10 ef	12.87 b-e	6.60 efg	3.17 bcd
Klimaro	42.67 fg	80.33 c	905.00 e	41.00 d	33.67 bc	14.00 h	13.83 ab	8.67 a	3.43 ab
Pedro	41.33 gh	73.33 d	1195.00 cd	33.50 hı	21.83 h	15.83 efg	13.27 bcd	6.83 def	3.00 c-f
Remala	40.10 ghı	77.07 cd	1147.00 cd	38.33 ef	35.90 ab	15.07 g	13.77 abc	5.63 ı	3.03 b-e
Ametist	39.33 hı	65.33 e	1175.00 cd	32.83 ı	21.50 h	16.50 de	12.77 cde	7.40 cd	2.67 efg
Alex	37.33 ıj	61.67 e	970.00 e	33.67 hı	23.33 gh	13.67 h	12.73 cde	7.00 c-f	2.33 g
Maestro	36.33 j	64.67 e	1216.67 cd	36.90 fg	25.33 fg	16.67 de	13.20 bcd	6.07 ghı	2.80 d-f
Significant	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	**3.7**	**3.2**	**4.3**	**3.7**	**4.6**	**3.3**	**4.8**	**5.3**	**7.9**

The color of the outer leaf varied between green, dark green, and dark violet. The color of the outer leaf was determined as green in the varieties of Resima, Caballero, Klimaro; dark green in the Bandolero, Anexa, Remala, and Huzaro varieties; and dark violet in the other varieties *(Table 3).* It was determined that the color intensity of the outer leaf was mainly in dark tones. Except for Bandolero, Remala, Pedro, and Red Charisma cultivars, the leaf margins of the other varieties were found to have a teethed structure *(Table 3).*

The outer leaf angle of the cultivars was examined as vertical angle (87º <), open (~ 67 °), half slant (~ 45 °), slant (<30 °) and drooping (<-10 °). The outer leaf angle is determined as the half slant in Anexa variety; as slant in Klimaro, Ametist, Pedro and Maestro varieties; as open in Bandolero, Remala, Alex, Davaro, Huzaro and Red Taste varieties; as the vertical angle in Yaldız, Resima, Caballero and Red Charisma varieties *(Table 3).*

With the increasing world population, it has come to the fore to increase efficiency to get more efficiency from the unit area (Çay and Aykaş, 2013). The yield is directly related to the size of the head and firmness, and the head size of the redhead cabbage is generally between 1-2 kg (Kar and Karaağaç, 2016). In the research, the head weights of varieties varied between 905.0 g and 1693.33g. The highest head weight was determined in the Yaldız variety, and the lowest head weight was determined in the Klimaro variety *(Table 2).* The hardness of the head was determined as tight in all varieties. Acar and Paksoy (2006) reported that the head weight was 625.08 g cm in the ACN-33 F1 variety and 678.5 g in the Royal F1 variety. Padem and Güvenç (2007) reported the head weight as 820 g to 2142.0 g among red head cabbage varieties; Tıraşçı (2016) determined the head weight as 907.50 g in Mohrenkopf variety. Similarly, Demirboğa (2016) determined the head weight as 814.0 g; Salwa et al. (2019) reported as 1.12 g. They reported that different varieties might come to the fore in changing environments depending on the adaptability of the varieties and the environmental conditions in which they are grown (Ece and Güler, 2017).

In the study, the head diameters of the cultivars showed relative values, with the lowest in Caballero (11.53 cm) and the highest in Yaldız (14.67 cm) varieties. Head length values ranged from 13.67 cm to 18.83 cm. The lowest head length is determined in Alex and the highest head length in Yaldız varieties *(Table 2).* In studies conducted by different researchers, head diameter values were between 6.83 cm to 22.8 cm; head lengths were found to be between 10.65 cm to 19.7 cm (Onus and Polat, 2000; Padem and Güvenç, 2007; Thapa and Prasad, 2012; Demirboğa 2016; Tunc and Sahin, 2016; Maltaş et al. 2017).

Table 3. Morphological characterization criteria of red head cabbage varieties

Traits	Variety							
	Yaldız	**Pedro**	**Caballero**	**Bandolero**	**Anexa**	**Remala**	**Huzaro**	**Resima**
Covering of head	Covered	Covered	Covered	Partially covered	Covered	Partially covered	Covered	Covered
Shape of head	Broad obovate	Broad obovate	Broad obovate	Elliptic	Elliptic	Broad obovate	Elliptic	Broad obovate
Top leaf color of the head	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet
Hardness of head	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight
Outer leaf angle	Vertical angle	Slant	Vertical angle	Open	Half slant	Open	Open	Vertical angle
The shape of the outer leaf	Spatula	Spatula	Spatula	Broad ovate	Broad ovate	Circular	Broad ovate	Spatula
Outer leaf end shape	Round	Round	Narrow round	Round	Round	Round	Round	Narrow round
Blistering of the outer leaf	-	-	-	-	Very weak	Weak	Very weak	-
Size of blisters in the outer leaf	-	-	-	-	Large	Large	Large	-
Waxiness on the outer leaf	Weak	Weak	Weak	Weak	Weak	Weak	Weak	Weak
Color of the outer leaf	Dark violet	Dark violet	Green	Dark green	Dark green	Dark green	Dark green	Green
The color intensity of the outer leaf	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Medium
Outer leaf teeth	Available	Absent	Available	Absent	Available	Absent	Available	Available
The internal color of the head	Violet	Dark violet	Violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet
Maximum width region of the head	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle
The shape of the base in the longitudinal section	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded
Time of harvest maturity	95	87	115	115	115	68	115	115
Resistance to cracking	High	High	High	High	High	High	High	High
Duration of mature heads in the field	Long	Long	Long	Long	Long	Long	Long	Long

Table 3 (continued)

Traits	Variety						
	Maestro	**Red Taste**	**Red Charisma**	**Alex**	**Davaro**	**Ametist**	**Klimaro**
Covering of head	Partially covered	Covered	Covered	Partially covered	Covered	Covered	Covered
Shape of head	Broad obovate	Broad obovate	Elliptic	Broad obovate	Broad obovate	Broad obovate	Round
Top leaf color of the head	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet
Hardness of head	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight	Very tight
Outer leaf angle	Slant	Open	Vertical angle	Open	Open	Slant	Slant
The shape of the outer leaf	Broad ovate	Spatula	Spatula	Circular	Circular	Spatula	Circular
Outer leaf end shape	Round	Round	Round	Round	Round	Round	Round
Blistering of the outer leaf	-	-	-	-	-	-	Medium
Size of blisters in the outer leaf	-	-	-	-	-		Large
Waxiness on the outer leaf	Weak	Medium	Strong	Weak	Weak	Weak	Strong
Color of the outer leaf	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Green
The color intensity of the outer leaf	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark
Outer leaf teeth	Available	Available	Absent	Available	Available	Available	Available
The internal color of the head	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Dark violet	Light violet
Maximum width region of the head	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle	in the middle
The shape of the base in the longitudinal section	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded
Time of harvest maturity	87	95	125	87	87	87	115
Resistance to cracking	High	High	High	High	High	High	High
Duration of mature heads in the field	Long	Long	Long	Long	Long	Long	Long

The length of the head stem varied between 5.63 cm and 8.67 cm, and the diameter of the head stem varied between 2.33 cm and 3.83 cm among all varieties. The shortest length of the head stem was measured in the

Remala variety, and the highest length of the head stem was measured in the Klimaro variety. The lowest diameter of the head stem was found in the Alex variety, and the highest diameter of the head stem was found in the Yaldız variety *(Table 2).* Aşçıoğul (2009) determined the length of head stem as 11.0 cm and the diameter of the head stem as 4.0 cm in the redhead cabbage.

The shape of the head varied between broad obovate, elliptic and round in red head cabbage varieties. The head shape of the Klimaro variety was determined as round. The head shape was determined as elliptic in Bandolero, Anexa, Huzaro and Red Charisma varieties. In other varieties, it was observed as broad obovate *(Table 3).*

Covering the upper part of the head with outer leaves is a desirable feature as it protects the head from external factors. (Kar and Karaağaç, 2016). It was determined that the heads were covered with outer leaves in most of the cultivars. One of the characteristics examined in the heads was the interior color of the head. The dark violet interior color of the head was the most common among the varieties. Also, it was determined that the interior color of the head was light violet in the Klimaro variety and violet in the Caballero and Yaldız varieties *(Table 3).*

It was determined that the maximum width region of the head was in the middle in all varieties and the base shape in the longitudinal section was round. The top leaf colors of the head varieties were determined visually. As a result of the observation, it was determined that the top leaf color of the head varieties was dark violet *(Table 3).*

The time from seedling planting of varieties to the harvest maturity of the heads varied between 68 and 125 days. Remala was the earliest variety, while the latest was Red Charisma. Also, it was observed that all varieties remained on the field for a considerable time without cracking *(Table 3).*

4. Conclusions

Red head cabbage is among the significant winter vegetables produced mainly in various parts of the world and Turkey. Vegetable growers prefer to use hybrid seeds due to their advantages. In Turkey, hybrid seeds are used in the production of red head cabbage. In the study, morphological characterization of 15 different hybrid red cabbage varieties was made. It was determined that the varieties showed great variety in terms of the characteristics examined. The study revealed that the variety with the best performance in terms of head weight, head length, and head diameter, traits affecting yield was Yaldız. In addition, Caballero has become prominent in terms of plant height. On the other hand, Red Taste has become prominent in terms of plant width features. It was determined that the earliest variety was Remala while the latest variety was Red Charisma. It was determined that the heads in all varieties could remain in the field for a long time without cracking.

Acknowledgment

The study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Project No: 117G002 (Line and / or Variety Development Project in Winter Vegetable Growing.

References

Acar, B., Paksoy, M. (2006). Effect of different irrigation methods on red cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata s*ubvar. f. *rubra*) yield and some plant characteristics. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 9 (13): 2531-2534

Aşçıoğul, T.K. (2009). B*azı Lahana Genotiplerinin Morfolojik Ve Moleküler Tanımlanmasına Yönelik Araştırmalar.* (Ph. D. Thesis). Ege Üniversity The Institute of Natural Sciences, İzmir, Turkey.

Çay, A., Aykaş, E. (2013). Domates üretiminde farklı fide yatağı hazırlığı yöntemleri ve örtü bitkisi uygulamasının verim ve hasat sonrası kalite parametrelerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 10 (1): 105-114.

Demirboğa, G. (2016). *Kırmızı Baş Lahana* (*Brassica oleracea var. capitata* subvar. F. *rubra) Yetiştiriciliği İçin Uygun Ekim Zamanı ve Çeşitlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma (*Master Thesis), Gaziosman Paşa Üniversity The Institute of Natural Sciences, Tokat, Turkey.

Ece, A., Güler, S. (2017). Kızılırmak'ta (Çankırı) ikici ürün olarak kullanılabilecek alternatif sebze türlerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.* 14 (01): 38-47.

IBPGR (1990). Descriptors for Brassica and Raphanus. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 51

Kar, H., Karaağaç, O. (2016). Türkiyede baş lahana ıslahı. *Türktob*, 5 (20): 24-29.

Maltaş, A.Ş., Tavalı, İ.E., Uz, İ., Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agric Sciences.* 30 (2): 155-161.

Monteiro, A., Lunn, T. (1998). Trends and perspectives of vegetable Brassica breeding World-Wide. World Conference on Horticultural Research. 17-20 June 1998, Rome, Italy.

Onus, N., Polat, E. (2000). Bazı kırmızı ve baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata*) çeşitlerinin Antalya koşullarında adaptasyonu. *Derim* 17 (4): 178-184.

Padem, H., Güvenç, İ. (2007). Farklı dikim zamanlarının kırmızı baş lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata* subvar. f. *rubra*) bitki gelişmesi, verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Atatürk Ü.Zir.Fak.Der*. 28 (3): 405-412.

Salwa, M., Solaiman, A.H.M., Haq, Md. l E., Hossain, Md. D., Siddika, A., Tanzina Baby, T., Akther, E., Halder, O. (2019). Effect of vermicompost and plant vitalizer on growth and yield of red cabbage (*Brassica oleraceae* L. var *capitata*). *Asian Journal of Research in Botany*. 2(4): 1-15.

Song, K.M., Osborn, T.C., Williams, P.H. (1988). *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 2. Preliminary analysis of subspecies within *B. rapa (syn. campestris)* and *B. oleracea*. *Theoretical and Applied Genetics* 76: 593–600

Song, K., Osborn, T. C., Williams, P.H. (1990). *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 3. Genome relationships in *Brassica* and related genera and the origin of *B. oleracea* and *B. rapa (syn. campestns)*. *Theoretical and Applied Genetics*. 79: 497–506

Thapa, U., Prassad, P.H. (2012). Studies on evaluation for adoption of high value cole crops in the plains of West Bengal. *Proceedings SEAVEG*, 24-26 January, Chiang Mai, Thailand.

Tıraşçı, S. (2016). *Erzurum Koşullarında Kırmızı Lahana (Brassica oleracea L. var. rubra) ve Marul (Lactuca sativa L.) Birlikte Yetiştiriciliğinin Bitki Gelişimi, Verim ve Alan Eşdeğer Oranı Üzerine Etkisi* (Master Thesis), Atatürk Üniversity The Institute of Natural Sciences, Erzurum, Turkey.

TUİK (2018). Turkish Statistical Institute. Crop Production Statistics, Ankara. http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul (date of access: 11.08.2020)

Tunc, T., Sahin, U. (2016). Red cabbage yield, heavy metal content, water use and soil chemical characteristics under wastewater irrigation. Environ Sci Pollut Res. 23:6264–6276.

UPOV (2004). Cabbage, TG/48/7. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union For The Protection of New Varieties of Plants, Geneva, 36 p.

Yağmur, B., Kavak, S., Uğur, A., Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D. (2003). Potasyum uygulamalarının savoy lahanasında (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda*) verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 40(2): 113–120.

Zhou, W.J. (2001). Oilseed rape G.P. Zhang W.J. Zhou (Eds) Crop Cultivation Zhejiang University Press Hangzhou, China 153-178.

Zhou, W.J., Zhang, G.Q., Tuvesson, S., Dayteg, C., Gertsson, B. (2006). Genetic survey of Chinese and Swedish oilseed rape (*Brassica napus* L.) by simple sequence repeats (SSRs). Genetic Resources and Crop Evolution, 53 (3), 443-447

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 04/11/20
Kabul/Accepted: 05/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.821602

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Tüketicilerin Fast Food Tüketim Sıklığını Etkileyen Faktörlerin Analizi

The Analysis of Factors Affecting Frequency of Fast Food Consumption

Hasan Burak AĞIR[1*], Cuma AKBAY[2]

Öz

Tüm dünyada ve Türkiye'de fast food ürünlere olan talep artmakta ve sektör hızlı bir şekilde büyümektedir. Nüfus artışı, kentleşme, bireylerin eğitim ve gelir seviyelerinin yükselmesi, aile yapısındaki değişim, seyahat zorunluluğu, yoğun çalışma süresi ve özellikle kadınların işgücüne katılımlarının artması bireylerin fast food tüketiminde etkili olan önemli faktörlerdir. Bugün Türkiye'de 700'den fazla fast food restoran bulunmaktadır. Bu araştırmada tüketicilerin fast food tüketim sıklığı ile sosyo ekonomik özellikleri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Araştırmanın ana materyalini, 2016 yılında İç Anadolu Bölgesinde 346 tüketici ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Tüketicilerin sosyo ekonomik özellikleri ile fast food tüketim sıklığı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde Sıralı Lojistik Regresyon modeli kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, tüketicilerin %47'si 26-40 yaş, %48'i lisans ve üzeri eğitim düzeyi ve %39'u orta gelir grubundadır. Tüketicilerin fast food tüketim sıklığı incelendiğinde, %37.9'unun hiç tüketmediği, %17.6'sının bazen ve %44.5'inin sıklıkla fast food tükettiği belirlenmiştir. Ayrıca, tüketicilerin vücut kitle indeksi ortalama 25.10 olarak hesaplanmıştır. Sıralı lojistik regresyon analizi sonuçlarına göre tüketicilerin fast food tüketim sıklığı ile eğitim, gelir ve alışveriş merkezine (avm) gitme sıklığı ile pozitif, vücut kitle indeksi (vki) ve yaş değişkenleri ile negatif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu sonuçlara göre daha yüksek eğitim ve gelir grubunda bulunan tüketiciler daha sık Avm'ye gitmekte ve diğer tüketicilere göre daha sık fast food tüketmektedirler. Ayrıca gençlerin yaşlılara göre daha sık fast food tükettikleri belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular ışığında karar vericilerin ve sektör paydaşlarının tüketicilerin fast food tüketim sıklığında etkili faktörleri değerlendirerek bireylerin daha sağlıklı beslenmelerine yönelik gerekli politika ve pazarlama stratejileri geliştirmeleri ve uygulamaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fast food, Tüketici, Tüketim sıklığı, Sıralı lojistik regresyon, İç Anadolu Bölgesi

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Hasan Burak AĞIR, KSÜ Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: hburakagir@ksu.edu.tr OrcID: 0000-0003-4275-9819

[2] Cuma AKBAY, KSÜ Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: OrcID: 0000-0001-7673-7584.

Atıf/Citation: Hasan Burak AĞIR, Cuma AKBAY Tüketicilerin Fast Food Tüketim Sıklığını Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 436-445.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Worldwide and in Turkey, there is an increasing demand for fast food products and the sector is growing rapidly. Population growth, urbanization, increase in education and income levels of individuals, change in family structure, travel obligation, intensive working time, and especially the increase in the participation of women in the workforce are the important factors affecting fast food consumption. Today there are more than 700 fast food outlets in Turkey. This study investigates the relationship between consumers' fast food frequency and their socio-economic characteristics. In this context, the material of the study was obtained from 346 consumers by face to face questionnaire in Central Anatolia in 2016. Ordered Logistic Regression model was employed to determine the relationship between the socio-economic characteristics of consumers and the frequency of fast food consumption.

According to the results, 47% of the consumers are in the range of 26-40 years, 48% are undergraduate and above education level and 39% are in the middle-income group. When the fast food consumption frequency of consumers is examined, it is determined that 37.9% of them do not consume fast food, 17.6% of them sometimes consume fast food and 44.5% of them frequently consume fast food. In addition, the body mass index of the consumers was calculated as 25.10 on average. According to the Ordered Logistic Regression, there is a positive relationship between frequency of fast food consumption and consumers' education, income, and frequency of going to the mall while negative relationships between consumers' age and body mass index ($p<0.05$). Due to the results, consumers in higher education and income groups go to the mall more often and consume fast food more often than other consumers. Besides, it has been determined that young people consume fast food more frequently than elder ones. In the light of the findings obtained from the research, decision-makers and sector stakeholders should evaluate the factors influencing the frequency of fast food consumption of consumers and develop and implement policies and marketing strategies for healthier nutrition of individuals.

Keywords: Fast food, Consumer, Consumption frequency, Ordered logistic regression, Central Anatolia

1. Giriş

Dünyada sanayi devriminden sonra küreselleşmenin de etkisiyle ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda yaşanan gelişmeler toplumların yaşam standartları ve beslenme alışkanlıklarında önemli değişimlere neden olmuştur. Bu değişimler paralelinde gıda sektörü de meydana gelen talebi karşılamaya yönelik şekil almaya başlamıştır (Bıtrak ve Hatırlı, 2019). Hızlı nüfus artışı, kentleşme, bireylerin eğitim ve gelir seviyelerinin yükselmesi, aile yapısındaki değişim, seyahat zorunluluğu ve yoğun çalışma süresi gibi faktörler ev dışında gıda tüketimini yaygınlaştırmıştır (Akbay ve Boz, 2005; Bekar ve Dönmez, 2016).

Özellikle yoğun çalışma saatleri ile kısalan yemek yeme süresi, kadınların işgücüne katılımının artması sonucu evde yemek pişirmenin azalması, çok gelirli ailelerin artması, internet üzerinden alışverişin yaygınlaşması hazır gıdalara olan talebi dolayısıyla ev dışı gıda tüketimini önemli ölçüde artırmaktadır. Ev dışında gıda tüketimi içerisinde daha hızlı ve pratik beslenme imkanı sunan fast food alternatif olarak öne çıkmakta (Kaynak ve ark., 1996; Akbay ve ark., 2007) ve fast food ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır.

Fast food kısaca ev dışında çeşitli satış noktalarında uygun fiyattan kısa sürede hazırlanıp servis edilen ürünler olarak tüketicilerin karşısına çıkmaktadır. Bender ve Bender (1999) fast food kavramını belirli üretim hattı teknikleri ile hazırlanmış; sınırlı sayıda gıda ürünleri ile hazırlanan menülerden oluşan ve üreticilerin pizza, hamburger, tavuk ve sandviç gibi ürünlerin yapımında özelleşmiş restoranlar tarafından sunulan ürünler olarak tanımlamışlardır (Davies ve Smith, 2004). Diğer bir tanımda fast food hazırlama süresi kısa, büfe, restoran ve seyyar olarak satılan paketlenmiş veya dondurulmuş halde her an tüketilebilen yiyecekler olarak ifade edilmiştir (Akdağ, 2015; Yaman, 2007). İlk kez 1850 yılında Hamburg'lu işçilerin Amerika'ya hamburgeri getirmesiyle ortaya çıkmış, günümüzde fast food işletmeleri ile birlikte tüm dünyaya yayılmış (Unur ve Kaya, 2010) ve tüm dünyada hızlı büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Özellikle, 1940'lı yıllarda Amerika'da McDonald's firmasının hızlı ve ucuz menüler ile araçlara hizmet vermesiyle fast food işletmelerinin başladığı, farklı işletmelerin de pazara dahil olmasıyla birlikte Avrupa ve diğer ülkelerde yaygınlaştığı kabul edilmektedir (Gee, 1989). Dünya genelinde en önemli beş fast food markasının toplam değeri yaklaşık 219 milyar dolardır (Anonim, 2020) ve her geçen gün artmaya devam etmektedir.

Dünyada meydana gelen gelişmeler ile birlikte Türk toplumunun da gerek yaşam tarzı gerekse tüketim alışkanlıkları değişmiştir. Tüketim alışkanlıklarında yaşanan bu değişim özellikle Türkiye'nin büyük şehirlerinde fast food işletmelerinin artışıyla ilişkilendirilebilir (Yıldırım ve Çengel, 2013). Fast food kavramı ilk olarak 1986 yılında İstanbul'da açılan Mcdonal's ile Türkiye pazarına girmiş ve daha sonra yabancı ve yerli markalarında katılımıyla büyük bir sektör haline gelmiştir (Öztürk, 2019). 2002 yılında toplam tüketim harcamaları içerisinde ev dışı gıda tüketimi payı %4.2 iken 2019 yılında %6.5'e yükselmiştir (TUİK, 2020). Günümüzde fast food işletmeleri sokaklarda, alışveriş merkezlerinde, hava alanlarında, okullarda, kafelerde, benzin istasyonları gibi çeşitli mekânlarda karşımıza çıkmakta ve sağlığa olumsuz etkilerinin bilinmesine rağmen hızla büyümeye devam etmektedir. Gıda tüketim tercihlerindeki değişim ve fast food talebindeki artış göz önüne alındığında tüketicilerin fast food tüketimine yönelten faktörlerin değerlendirilmesine yönelik araştırmalar yapılması önemlidir.

Literatürde konuyu teknik ve ekonomik yönden inceleyen çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Konu ile ilgili teknik araştırmalar fast food tüketiminin vücut ağırlığı (Pieroni ve Salmasi, 2014), enerji alımı (Schröder ve ark., 2007; Rosenheck, 2008; Mohr ve ark., 2019; Alexander ve ark., 2020) konularında yoğunlaşmışlardır. Konu ile ilgili ekonomik araştırmalarda tüketicilerin fast food ürünleri tercih etme nedenleri (Akbay ve ark., 2007; Unur ve Kaya, 2010; Unur ve Gök, 2012), fast food tüketiminde kohort (kuşak) etkisi (Traş ve Şengül, 2017), tüketici değerleri ve yaşam tarzları ile fast food tüketimi (Yıldırım ve Çengel, 2013) konuları ele alınmıştır. Bununla birlikte üniversite öğrencilerine yönelik araştırmalar (Morse ve Driskell, 2009; Yardimci ve ark., 2012; Sayılı ve Gözener, 2013; Akçadağ ve Bozkurt, 2019; Bayındır ve Bayındır, 2019; Hatırlı ve Yiğit, 2019), lise ve dengi okullarda fast food tüketimi (Kalkan ve ark., 2015; İkikat Tümer, 2018), fast food tüketiminde ailenin rolü (Taşpınar, 2018), Y (Xiao ve ark., 2019) ve Z jenerasyonunun fast food tüketimi (Kamenidou ve ark., 2019) ve eğitim düzeyinin fast food tüketim alışkanlığına etkisi (Kayışoğlu ve İçöz, 2012) ve hazır yemek işletmelerinde HACCP sitemi (Erkan, 2008) konularında da araştırmalar mevcuttur.

Literatür değerlendirildiğinde bölgesel olarak fast food tüketimi ile ilgili bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu araştırma İç Anadolu Bölgesinde fast food tüketimini ele alması nedeniyle bu açığı kapatacaktır. Ayrıca yapılan

çalışmalar konuyu farklı açılardan ele alsa da halen tüketicilerin fast food tüketmelerinde etkili özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılacak olan bu araştırmalar sonucunda karar vericiler ve işletmeler fast food arz ve talebini düzenleyen çeşitli politikalar geliştirebilir. Ayrıca fast food tüketiminin önemli sağlık sorunlarına neden olması nedeniyle karar vericiler tüketici profilini dikkate alarak daha etkili politikalar uygulayabilir. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı İç Anadolu Bölgesinde tüketicilerin fast food tüketim davranışlarının ortaya konulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda tüketicilerin fast food tüketim sıklığı ile sosyo ekonomik özellikleri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırmanın ana materyalini 2016 yılında İç Anadolu Bölgesinde 18 yaş ve üzeri ve herhangi bir gelire sahip olan tüketiciler ile yüz yüze yapılan anketler oluşturmaktadır. Bununla birlikte konu ile ilgili yapılan araştırmalar ve çeşitli istatistiki raporlardan da yararlanılmıştır. Araştırmada Türkiye genelinde yürütülen 113K733 nolu TUBİTAK projesinin verileri kullanılmıştır. Projede oransal örnekleme yöntemine (Newbold, 1995) göre Ankara (137), Konya (93) ve Kayseri (116) kent merkezlerinde toplam 346 tüketici ile anketler yapılmıştır. İl merkezlerinde yapılan anket sayısı il nüfus oranlarına göre dağıtılmıştır.

Araştırmada tüketicilerin sosyo-ekonomik özelliklerinin analizlerinde tanımlayıcı istatistikler, fast food tüketim sıklıklarının belirlenmesinde ise 3'lü Likert tipi ölçek (0-hiç tüketmiyorum, 1-bazen tüketiyorum ve 2- sıklıkla tüketiyorum) elde edilmiş ve modelde bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

Araştırmada tüketicilerin sosyo-ekonomik özelliklerinin fast food tüketim sıklığını ne düzeyde etkilediğini belirlemek için Sıralı Lojistik Regresyon (Ordered Logistic Regression) modeli kullanılmıştır. Bağımlı değişkeninin sıralı ölçekle ifade edildiği durumlarda Sıralı Lojistik Regresyon (SLR) modeli doğrusal ve lojistik regresyon modellerine göre daha iyi sonuç vermesinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir (Köksal, 2009; Şerbetçi ve Özçomak, 2013).

SLR, bağımlı değişkeninin üç veya daha fazla kategori içerdiği ve bu değişkenin sıralı ölçek ile ifade edildiği durumlarda (0,1,2,3,…,j) avantajlı olan bir çok değişkenli regresyon modelidir (Warner, 2008). Modelde normallik ve sabit varyans varsayımları gerekli olmayıp bağımsız değişkenler ile sıralı bağımlı değişken arasındaki ilişkinin kategoriden bağımsız olduğunu varsaymaktadır (Chen ve Hughes, 2004). Bununla birlikte bağımlı değişkenin sıralı olarak gözlemlendiği durumlarda SLR modeli tek alternatiftir (Chen ve Hughes, 2004; Şerbetçi ve Özçomak, 2013) SLR modeli, gözlenebilir sıralı kategorik bağımlı değişkenin (Y) ardında -∞ ve +∞ değerler alabilen, gözlenemeyen ve sürekli bir gizli değişken (Y*) varsayıma dayanır. Bu değişken aşağıdaki eşitlik 1 ile ifade edilir (Akın ve Şentürk, 2012).

$$Y^* = \beta'X + \varepsilon \quad \text{(Eş. 1)}$$

Eşitlik 1'de Y* gizli değişken, β parametrelerin vektörü ve ε hata terimidir. Hata teriminin 0 ortalamaya sahip ve simetrik olduğu varsayılmaktadır (Akın ve Şentürk, 2012). Bağımlı değişken (Y) ve gizli değişken (Y*) arasındaki ilişki bireylere göre değişen kesme noktalarının (μ_j) bir fonksiyonudur (Greene, 1998). Burada Y'nin j tane sıralı alternatifi olduğu durumlarda bağımlı değişken gizli değişken yardımıyla aşağıdaki eşitlik 2 ile gösterilmektedir.

$$Y = J \text{ iken } \mu_{j-1} < Y^* < \mu_j \quad \text{(Eş. 2)}$$

Eşitlik 2'de μ bilinmeyen kesme ya da eşik noktalarını göstermektedir. Eşik noktaları kategori sayısının bir eksiği olarak hesaplanmaktadır. İlk eşik parametresi 0 olduğundan dolayı tahmin edilen eşik parametrelerinin hepsinin pozitif olması gerekmektedir ($\mu_0=0<\mu_1<\mu_2<\ldots<\mu_j$). Eşik noktaları ile Y değişkeni kategorilerinin olasılık değerleri hesaplanır. Y* regresyon denkleminin belirlenmesinde en yüksek olabilirlik tekniği kullanılmaktadır. Bu tekniğin kullanılabilmesi için, hata terimlerinin dağılımının belirli bir biçimde belirlenmesi gerekir. SLR modelinde hata terimlerinin normal veya lojistik dağıldığı düşünülür ve modelin oluşturulmasında olasılık yoğunluk ve birikimli (kümülatif) dağılım fonksiyonu kolay uygulanması ve yorumlanması nedeniyle tercih edilmektedir (Ayhan, 2006). Bu bağlamda, SLR modeli γj=1için genel olarak aşağıdaki eşitlik 3 ile ifade edilmektedir (McCullagh, 1980).

$$\text{link}(\gamma_j) = \mu_j - \beta'X \quad \text{(Eş. 3)}$$

Eşitlik 3'te γ_j , j'inci kategori için birikimli olasılık değeri, μ_j j'inci kategorinin eşik değerleri, β′ regresyon katsayıları ve X bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Modelde bağımsız değişkenlerin fast food tüketim sıklığı

üzerine etkilerinin ortaya konulması için Odds oranı hesaplanmıştır. Odds oranı incelenen bir olayın gözlenme olasılığının gözlenmeme olasılığına oranlanmasıyla hesaplanır (p/1-p) ve bağımlı değişkeninin bağımsız değişkeninin etkisiyle kaç kat daha fazla oranda gözlenme olasılığına sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Özdamar, 1999).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma bölgesinde anket yapılan tüketicilerin sosyo-ekonomik özelliklerine yönelik tanımlayıcı istatistikler *Tablo 1*'de verilmiştir. Tüketicilerin fast food tüketim sıklığı (0:hiç tüketmiyorum, 1:bazen tüketiyorum, 2: sıklıkla tüketiyorum) incelendiğinde %37.9'unun hiç, %17.6'sının bazen ve %44.5'inin sıklıkla fast food tükettiği saptanmış ve ortalaması 1.07 olarak hesaplanmıştır. Tüketicilerin hanelerinde ortalama 3.38 kişi bulunmaktadır. Tüketicilerin vki'leri ortalama 25.10 olup Dünya Sağlık Örgütü standartlarına göre toplu (hafif şişman) kategorisinde yer almaktadırlar (Anonim, 2021) Tüketicilerin %47'si 26-40 yaş aralığında, %48'i lisans ve üzeri eğitim düzeyi ve %39'u orta gelir grubundadır. Tüketici hane halklarında çalışan kadın oranı %15 ve 18 yaşından küçük çocuk bulunma oranı %39'dur (*Tablo 1*).

Tablo 1. Tüketicilerin sosyo-ekonomik özellikleri

Table 1. Socio-economic characteristics of consumers

	Değişken adı	Ortalama	Standart Sapma
Fast food tüketim sıklığı:			
0:hiç tüketmiyorum,		0.379	0.49
1:bazen tüketiyorum,	FFS	0.176	0.38
2: sıklıkla tüketiyorum		0.445	0.49
Medeni durum: 0:bekar, 1:evli	MEDENİ	0.60	0.49
Cinsiyet: 0:kadın, 1:erkek	CİNS	0.61	0.48
Hane halkı birey sayısı (kişi)	HANE	3.38	1.32
Vücut kitle endeksi (vki)	VKİ	25.10	4.52
Yaş			
18-25:1, diğerleri:0,	YAS1*	0.21	0.40
26-40:1, diğerleri:0,	YAS2	0.47	0.50
41 ve üzeri:1, diğerleri:0	YAS3	0.32	0.46
Eğitim			
Ortaokul ve altı:1, diğerleri:0	EGT1*	0.23	0.42
Lise:1, diğerleri:0	EGT2	0.29	0.45
Lisans ve üzeri:1, diğerleri:0	EGT3	0.48	0.50
Gelir (TL/ay)			
≤ 2400 (Düşük gelir)	GELİR1*	0.27	0.44
2401–4000 (Orta gelir)	GELİR2	0.39	0.48
≥4001 (Yüksek gelir)	GELİR3	0.34	0.47
Evde çalışan kadın olma durumu: 0:yok, 1:var	KCALISMA	0.15	0.36
Evde 18 yaşından küçük çocuk olma durumu: 0:yok, 1:var	ÇOCUK	0.39	0.48
Alış Veriş merkezi gitme durumu (kez/ay)			
≤ 2 kez	AVM1*	0.37	0.48
3-5 kez	AVM2	0.37	0.48
6 kez ≥	AVM3	0.26	0.43
Anket yapılan il merkezi			
Konya:1, diğerleri:0	İL1*	0.26	0.44
Kayseri:1, diğerleri:0	İL2	0.34	0.47
Ankara:1, diğerleri:0	İL3	0.40	0.48

* Referans olarak kullanılan değişkenler

Araştırmada, SLR modeline ait tahmin edilen katsayılar, standart hata, p-değeri ve odds oranları *Tablo 2*'de verilmiştir. Modelde Log-Likelihood=274.51, Ki-kare=155.61 ve $p<0.001$ olarak hesaplanmış olup bu değerler modelin anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. SLR modeli için karşılanması gereken diğer önemli bir varsayım paralel eğriler (doğrular) varsayımıdır. Modelden elde edilen sonuçların güvenirliği ve doğruluğu için bu varsayım sağlanmalıdır (Ayhan, 2006). Paralel eğriler varsayımında parametre tahmin değerleri bağımlı değişkenin kategorilerine göre değişiklik göstermez ve parametre tahminleri eşik noktalarına (kesme noktası) göre değişmemektedir (Akın ve Şentürk, 2012). Ki-kare testi sonuçlarına göre $p=0.710$ olarak hesaplanmıştır. Bu

sonuçlara göre parametre tahminleri aynı eşik noktasından geçmektedir ve paralel eğriler varsayımı sağlanmıştır. SLR modelinin uygunluğunu belirlemek için Pearson Ki-Kare ve sapma (deviance) testleri kullanılmıştır. Pearson Ki-kare ve sapma testleri anlamlılık düzeyleri sırasıyla $p_{pearson}$=0.163 ve p_{sapma}=1.000 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre model veriler ile uyumludur. Modelin uyum iyiliğinin ortaya konulduğu bir başka değer Negelkerke R^2'dir ve 0.419 olarak hesaplanmıştır *(Tablo 2)*. Bu değer bağımlı değişkendeki değişimin %41.9'unu modeldeki bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını ortaya koymaktadır.

Analize yaş, eğitim, gelir ve Avm'ye gitme sıklığı değişkenlerine ait referans değerler dahil edilmemiştir. *Tablo 2*'ye göre tüketicilerin fast food tüketim sıklığı ile vücut kitle indeksi (vki), yaş, eğitim, gelir, alışveriş merkezlerine gitme sıklığı ve tüketicilerin bulundukları kent merkezi değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır (*Tablo 2*). Fast food tüketim sıklığı ile vücut kitle indeksi, yaş ve tüketicilerin bulundukları kent merkezi değişkenleri arasında negatif, eğitim, gelir, avm'ye gitme sıklığı arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer değişkenler sabitken tüketicilerin vki'sindeki bir birim artış tüketicilerin daha sık fast food tüketme olasılığını 0.94 kat azaltmaktadır (*Tablo 2*). Vücut kitle indeksi yüksek olan tüketicilerin daha az sıklıkta fast food tüketmeleri beklenen bir durum olup araştırmadan elde edilen sonuçlar ile desteklemektedir.

Elde edilen sonuçlara göre tüketici yaşı ile fast food tüketim sıklığı arasında ters yönlü bir ilişki olduğu saptanmıştır (*Tablo 2*). Buna göre 41 ve üzeri yaş grubunda bulunan tüketicilerin 18-25 yaş grubundakilere göre fast food tüketim sıklığı 0.34 kat daha azdır. Gençlerin yaşlı bireylere göre daha sık fast food tükettiğini sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar konu ile ilgili diğer araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Örneğin Mersin ili kent merkezinde Unur ve Gök (2012) tarafından yapılan araştırmada fast food tüketenlerin çoğunluğunun 20-25 yaş grubundakiler olduğu saptanmıştır. Nijerya'da yapılan bir araştırmada fast food tüketenlerin %51'inin gençler olduğu tespit edilmiştir (Odemero ve Bernice, 2018). Adana'da yapılan bir başka araştırmada yaş ile fast food tüketim sıklığı arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir (Akbay ve ark., 2007). Yazarlar bu durumu yaşlı bireylerin Türk tipi, genç bireylerin ise daha çok batı tipi fast food tüketmelerinden meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Eğitim düzeyi tüketicilerin tüketim harcamalarında etkili önemli bir faktördür. Elde edilen sonuçlara göre lisans ve üzeri eğitim (EGT3) grubundaki tüketiciler ile fast food tüketim sıklığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.001$). Buna göre lisans ve üzeri eğitim düzeyinde bulunan tüketicilerin daha sık fast food tüketme olasılığı ortaokul ve altı eğitim grubunda bulunanlara göre 4.61 kat daha fazladır. Diğer bir ifadeyle eğitim düzeyinin yüksek olması fast food tüketim sıklığını artırmaktadır (*Tablo 2*). Bu durum yüksek eğitim düzeyi talep eden işlerde çalışan bireylerin yoğun çalışma temposunda yemek için daha az zaman ayırmalarından kaynaklanmaktadır. Odemero ve Bernice (2018) Nijerya'da yaptıkları araştırmada eğitim düzeyinin artmasının fast food tüketimini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Aynı şekilde Akbay ve ark. (2007) yüksek eğitim düzeyi olan tüketicilerin daha sık fast-food tükettiğini tespit etmişlerdir.

Bir başka önemi ekonomik faktör olan tüketici gelirinin fast food tüketim sıklığı üzerine pozitif bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). *Tablo 2*'ye göre yüksek gelir grubunda bulunan tüketicilerin diğer gelir gruplarına göre daha sık fast food tüketme olasılığı fazladır. Elde edilen bu sonucu yüksek eğitim düzeyi ile ilişkilendirmek mümkündür. Bu sonuç daha gelir ve eğitim düzeyi bakımından daha yüksek statüye sahip tüketicilerin daha düşük statüde bulunan tüketicilere göre daha fazla fast food tüketme eğiliminde olduğunu ortaya koyan önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Angulo ve ark. 2002; Akbay ve Boz, 2005; Akbay ve ark. 2007; Odemero ve Bernice, 2018). Ayrıca, İran'da yapılan bir araştırmada Saghaian ve Mohammadi (2018) tüketicilerin gelir ve eğitim düzeyi ile fast food tüketim sıklığı arasında negatif ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Avm'ler gerek alışveriş gerek eğlence ve gerekse gıda tüketim merkezleri olup tüketilen içerisinde tüketilen gıdalar içerisinde fast food ürünleri önemli bir paya sahiptir. Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde tüketicilerin avm'ye gitme sayıları arttıkça fast food tüketme sıklıklarının arttığı görülmektedir (*Tablo 2*). Tabloya göre avm'ye ayda 3-5 kez gidenlerin (AVM2) 2 ve 2'den daha az gidenlere göre fast food tüketim sıklıkları 3.53 kat, 6 ve daha fazla gidenlerin (AVM3) ise referans gruba kıyasla daha sık fast food tüketme olasılıkları 5.42 kat fazladır. Dikkat çeken diğer anlamlı bir değişken anket yapılan kent merkezidir. Elde edilen sonuçlara göre fast food tüketim sıklığı ile Kayseri il merkezinde bulunan tüketiciler arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır ($p<0.001$). Bu sonuca göre Kayseri'de bulunan tüketicilerin Konya ilinde bulunan tüketicilere göre daha az sıklıkta fast food tükettiği belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile Konya ilinde Kayseri iline göre fast food tüketim sıklığı daha yüksektir. Konya

il merkezinde Kayseri il merkezine göre daha fazla öğrenci bulunmasının bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olduğu söylenebilir. Bununla birlikte bu durumun ortaya çıkmasında Kayseri ilinde bulanan tüketicilerin daha geleneksel yiyeceklere tüketmeleri etkili olmaktadır. Araştırmada hanede çalışan kadın bulunması ile fast food tüketim sıklığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (p>0.10). Ancak hanede çalışan kadın bulunması ile fast food tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki beklenmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında hane halkı reislerinin daha fazla işgücüne katılımına rağmen kadınların daha düşük ücretli işlerde çalışması ve işgücüne daha az katılmasının etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 2. Tüketicilerin fast food tüketim sıklığını etkileyen faktörler

Table 2. Factors affecting frequency of consumers' fast food consumption

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	p değeri	Odds Oranı
MEDENİ	-0.302	0.374	0.420	0.739
CİNS	-0.323	0.276	0.242	0.724
HANE	-0.101	0.106	0.339	0.904
VKİ**	-0.061	0.031	0.050	0.941
YAS2	-0.540	0.393	0.169	0.583
YAS3***	-1.059	0.479	0.027	0.347
EGT2	0.370	0.369	0.317	1.447
EGT3***	1.529	0.390	0.000	4.611
GELİR2	0.436	0.312	0.163	1.546
GELİR3***	1.310	0.370	0.000	3.706
KCALISMA	-0.183	0.406	0.651	0.832
ÇOCUK	-0.122	0.331	0.713	0.886
AVM2***	1.263	0.285	0.000	3.538
AVM3***	1.692	0.336	0.000	5.428
İL2***	-1.366	0.338	0.000	0.255
İL3	-0.236	0.297	0.427	0.790
/eşik 1	-1.822	0.985	-	-
/eşik 2	-0.774	0.980	-	-

Log-Likelihood=274.51, Ki-kare=155.61, Negelkerke R^2=0.419, *.**.***: 0.10. 0.05. 0.01 istatistiksel olarak anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

4. Sonuç

Son yirmi yıl değerlendirildiğinde tüketicilerin eğitim, gelir ve yaşam tarzlarında meydana gelen önemli değişiklikler ve zaman faktörü tüketim alışkanlıklarını etkilemiş ve tüketicileri daha fazla ev dışında yemek yemeğe yönlendirmiştir. Fast food, Türkçe karşılığı ile hazır yemek, ev dışı yemek kültürü içerisinde önemli bir role sahip, gerek dünyada gerekse Türkiye'de hızla yayılan ve büyüyen bir sektör olarak dikkat çekmektedir. Tüketim davranışlarındaki değişiklikler göz önüne alındığında, tüketicileri fast food ürünleri tüketmeye teşvik eden faktörlerin belirlenmesi önemli olup, bu yönde yapılan araştırmalara halen ihtiyaç vardır.

Bu araştırmada İç Anadolu Bölgesinde bulunan en büyük üç kent merkezinde tüketicilerin fast food tüketim sıklığında etkili olan sosyo ekonomik faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda toplam 346 tüketici ile anketler yapılmış ve elde edilen veriler Sıralı Lojistik Regresyon analizi ile değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre bazı sosyo-ekonomik değişkenlerin fast food tüketim sıklığı üzerine etkisi olduğu tespit edilmiştir. Tüketicilerin fast food tüketim sıklığı ile gelir, eğitim düzeyi ve tüketicilerin Avm'ye gitme sayısı ile arasında pozitif, vücut kitle indeksi, yaş ve tüketicilerin bulunduğu il merkezi ile negatif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Özellikle sosyo-ekonomik düzeyi yüksek olan tüketicilerin düşük olanlara göre daha sık fast food tüketmektedir. Bu sonuca göre daha yüksek eğitim ve gelir grubunda bulunan tüketiciler daha çok Avm'ye gitmekte ve diğer tüketicilere göre daha sık fast food tüketmektedir. Bununla birlikte daha batıda bulunan kent merkezlerinde daha sık fast food tüketildiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Konya il merkezinde fast food tüketim sıklığı Kayseri il merkezine göre daha fazladır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında bazı öneriler geliştirilmiştir. Gelir ve eğitim düzeyinin artması fast food tüketim sıklığını artırmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında uzun çalışma saatleri etkili olduğunu söylemek mümkündür. Genellikle gelir düzeyi yüksek olan ailelerde bayanların da iş hayatında yer alması çalışma süresini artırmakta ve evde yemek pişirilme sıklığını azaltmaktadır. Fast food ürünlerinin sağlık açısından dezavantajları göz önüne alındığında karar vericiler tarafından fazla çalışma saatlerine yönelik düzenlemeler yapılabilir. Özellikle 10 yaşından küçük çocuğu olup çalışan bayanlara daha esnek çalışma saatleri sağlanabilir. Bu şekilde yapılacak düzenlemeler ile yoğun çalışma temposu azalan bireylerin evde sağlıklı gıdalar tüketmeleri artırılabilir. Diğer önemli bir sonuç, gençlerin daha çok fast food tüketimine yönelmesidir. Fast food ürünlerin zararlı etkilerine yönelik düzenlenecek olan bilgilendirme çalışmalarının artırılarak genç nüfusa daha fazla ulaşılması sağlıklı nesillerin yetişmesi açısından önemlidir.

Kaynakça

Akbay, C., Boz, İ., (2005). Kahramanmaraş'ta ailelerin ev ve ev dışı gıda tüketim talebi ve tüketici davranışlarının ekonomik analizi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 8(1):122-131.

Akbay, C., Tiryaki, G Y., Gül. A. (2007). Consumer characteristics influencing fast food consumption in Turkey. *Food Control* 18: 904–913.

Akçadağ, M., Bozkurt, T A. (2019). Fast-food ürünlerinin tercih edilme nedenlerinin tespiti: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi öğrencileri üzerine bir uygulama. *Journal of Life Economics* 6(4):449-462.

Akdağ, H., (2015). *Lise öğrencilerinin fastfood tüketim durumlarının ve alışkanlıklarının saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Okan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akın, B., Şentürk, E. (2012). Bireylerin mutluluk düzeylerinin ordinal lojistik regresyon analizi ile incelenmesi. *Öneri dergisi* 10 (37):183-193.

Alexander, E., Rutkow, L., Gudzune, K A., Cohen, J E., Mcginty, E E. (2020). Trends in the healthiness of U.S. fast food meals, 2008–2017. *Eur J Clin Nutr*. doi.org/10.1038/s41430-020-00788-z.

Anonim, (2020). Brand value of the 10 most valuable quick service restaurant brands worldwide in 2020, https://www.statista.com/statistics/273057/value-of-the-most-valuable-fast-food-brands-worldwide/, (Erişim tarihi : 15.09.2020).

Anonim, (2021). World Health Organization. Mean Body Mass Index (BMI). https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi, (Erişim tarihi: 10.03.2021).

Angulo, A. M., Gill, J.M., Mur, J. (2002). Spanish demand for food away from home: A panel data approach. *European Association of Agricultural Economist.* International Congress. Zaragoza, Spain.

Ayhan, S. (2006). *Sıralı lojistik regresyon analiziyle Türkiye'deki hemşirelerin iş bırakma niyetini etkileyen faktörlerin belirlenmesi*. (Yüksek lisans Tezi). Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Eskişehir.

Bayındır, M S., Bayındır, B. (2019). Hızlı yiyecek tüketim alışkanlıklarının incelenmesi: Pınarhisar Meslek Yüksekokulu örneği. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 3(1): 29-39.

Bekar, A., Dönmez, F G. (2016). Tüketicilerin dışarıda yemek yeme nedenlerine ilişkin bir değerlendirme. *Social Sciences (NWSASOS)* 11(1): 1-15.

Bender, A E., Bender, D A. (1999). A Dictionary of Nutrition and Food Technology. Crc Press, Woodhead Publishing Ltd, ISBN: 1-85573-475-3.

Bıtrak, O O., Hatırlı, S A. (2019). Isparta ilinde hane halklarının ev dışı gıda tüketimini etkileyen sosyo-ekonomik faktörlerin analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 5 (2). 46-63. DOI: 10.29131/uiibd.591909

Chen, C. K., Hughes, J. (2004). Using ordinal regression model to analyze student satisfaction questionnaires. Ir applications. *Association for Institutional Research* 1(1): 1-13.

Davies, G. J., & Smith, J. L. (2004). Fast food dietary perspective. *Nutrition and Food Science* 34(2): 80–82.

Erkan, B. (2008). Bir hazır yemek işletmesinde HACCP Sisteminin Kurulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (3): 267-281.

Gee, E. (1989) Calculation for the Hotel Catering Industry. Hodder Arnold H&S. ISBN 10: 0340504536.

Greene, W H. (1998). LIMDEP version 7. New York: Econometric Software. Inc.

Hatırlı, S A., Yiğit, A G. (2019). Isparta ilinde ev dışı gıda tüketim tercihleri: Süleyman Demirel üniversitesi öğrenceleri üzerine bir uygulama. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi* 7(18): 412-424.

İkikat Tümer, E. (2018). Lise ve dengi okullardaki öğrencilerin fast food tüketim kararları. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(1):1-6.

Kalkan, İ., Türkmen, A., S., & Filiz, E. (2015). Dietary habits of Turkish adolescents in Konya, Turkey. *Global Journal on Advances in Pure & Applied Sciences.* [Online]. 07: 190-196.

Kamenidou, I., Mamalis, S., Pavlidis, S., Bara, E Z. (2019). Segmenting the generation z cohort university students based on sustainable food consumption behavior: A preliminary study. *Sustainability* 11(837): 2-23.

Kaynak, E., Kucukemiroglu, O., Aksoy, S. (1996). Consumer preference for fast food outlets in a developing country. *Journal of Euromarketing* 5(4): 99-113.

Kayışoğlu, S., İçöz, A. (2012). Eğitim düzeyinin fast- food tüketim alışkanlığına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 9 (2):16-19.

Köksal, Ö. (2009). *Organik zeytin yetiştiriciliğine karar verme davranışı üzerinde etkili olan faktörlerin analizi*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

McCullagh, P. (1980). Regression models for ordinal data. *Journals of the Royal Statistical Society* Series B (Methodogical). 42(2): 109-142.

Mohr, B., Dolgopolova, I., Roosen, J. (2019). The influence of sex and self-control on the efficacy of nudges in lowering the energy content of food during a fast food order. *Appetite* 141:1-12. doi.org/10.1016/j.appet.2019.06.006.

Morse, K. L. ve Driskell, J. A. (2009). Observed sex differences in fastfood consumption and nutrition self-assessments and beliefs of college students. *Nutrition Research* 29(3): 173-179.

Newbold, P., (1995). Statistics for business and economics. Prentice-Hall, New Jersey.

Odemero, A F., Bernıce, E. (2018). Investigation of determinants of consumers' satisfaction among fast food markets in delta state, Nigeria, *Ünye İİBF Dergisi* 2(1): 59-69.

Özdamar, K. (1999). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi. Eskişehir. Kaan Kitabevi. 535 s.

Öztürk, A. (2019). Fast food restoranlarının tercih edilmesinde etkili olan faktörlerin Ahs metodu ile önceliklendirilmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi* 8(3): 2679-2695.

Pieroni, L., Salmasi, L. (2014). Fast-food consumption and body weight. Evidence from the UK. *Food Policy* 46:94-105.

Rosenheck R. 2008. Fast food consumption and increased caloric intake: a systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk. *Obesity Reviews* 9:535-547.

Saghaian, S., Mohammadi, H. (2018). Factors affecting frequency of fast food consumption. *Journal of Food Distribution Research* 49 (1): 22-29.

Schröder, H., Fito, M., Covas, M I. (2007). Association of fast food consumption with energy intake, diet quality, body mass index and the risk of obesity in a representative Mediterranean population. *British Journal of Nutrition* 98 (6):1274-1280.

Sayılı, M., Gözener, B. (2013). Gaziosmanpaşa üniversitesi öğrencilerinin fast-food tüketim alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 4 (2): 11-28.

Şerbetçi, A., Özçomak, M. (2013). Sıralı lojistik regresyon analizi ile istatistik ve ekonometri derslerinde başarıyı etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencileri üzerine bir uygulama. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 3(1):89-110.

Taşpınar, O., (2018). Fast food tüketiminde ailenin rolü: Çanakkale örneği. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi* 7(3):879-892.

Traş, M.F., Şengül, S. (2017). Cohort effect on food away from home in Turkey: A double hurdle approach. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* (35): 59-80.

TUİK, 2020. Hanehalkı tüketim harcamaları istatistikleri.

Unur, K., Kaya, D. (2010). Hızlı yiyecek (fast food) tüketicilerinin özellikleri ve tercihlerini etkileyen faktörler: Mersin Örneği. *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7(2): 105-122.

Unur, K., Gök, D. K. (2012). Tüketicilerin tez yemek tüketme nedenleri: mersin şehir merkezinde faaliyet gösteren yerel, ulusal ve ulusalararası zincir tez yemek işletme müşterileri örneği. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 14(27): 357-387.

Warner, P. (2008). Ordinal Logistic Regression. BMJ Sexual & Reproductive Health. 34 (3): 169-170.

Yaman, H.B., (2007). *Tüketicilerin hazır yemek tüketim alışkanlıklarında küreselleşmenin etkileri ve konuya ilişkin bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi) Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir.

Yardimci, H., Ozdogan, H., Ozcelik, A.O., Surucuoglu, M.S. (2012). Fast-Food consumption habits of university students: The Sample of Ankara. *Pakistan Journal of Nutrition* 11 (3): 265-269.

Yıldırım, F., Çengel, Ö. (2013). A research over the relationship between fast food consumption and consumer's values & lifestyles in Turkey. *Online Academic Journal of Information Technology* 4(11):1-14.

Xiao, A., Yang, S., Igbal, Q. (2019). Factors affecting purchase intentions in generation y: An empirical evidence from fast food ındustry in Malaysia. *Administrative Sciences* 9(4): 1-16.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 19/11/20
Kabul/Accepted: 14/03/21
DOI: 10.33462/jotaf.828187

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Empirical Modelling of Global Solar Radiation in Hatay (Turkey) Province

Hatay (Türkiye) İli Küresel Güneş Radyasyonunun Ampirik Modellemesi

Recep KÜLCÜ[1*], Rabia ERSAN[2]

Abstract

There are many models used in global solar radiation prediction. However, these prediction models vary according to the climate and geographic characteristics of the region involved. When the prediction model determined for a region is used in a different region, the prediction model may not work. In order to gain absolute and stable results from these models, the studies should be either custom-made or tested.

In this study, 7 different models were examined, comparison charts were created and statistical interpretations were made in order to determine the monthly average global solar radiation coming to the horizontal plane taking into account the climatic characteristics of Hatay province, located in the eastern 39.92º latitude and northern longitude 36.16º, covering an area of 5403 km, and has a humid climate with a value of 41.3, based on De Martonne-Gottmann's drought index and 50.6 based on Erinç's rainfall efficiency index.

Under the scope of this study, the most ideal global solar radiation prediction model was selected by making a statistical evaluation according to the parameters of determination coefficient (R^2), mean percentage error (MPE), mean deviation error (MBE), root mean square error (RMSE).

A general assessment of the graphics and statistical parameters of the predictions obtained by using the models and the measured data has indicated Model 4 as the most successful model by an RMSE value of 0.17306, and the least successful model was Model 3 by an RMSE value of 2.11851.

When the models are interpreted according to the determination coefficient, it has been observed that other models are generally successful. However, this situation does not coincide with the comparison charts of the predicted and measured data. For this reason, it was seen that the determination coefficient was not sufficient in the statistical evaluation of the prediction models. In the interpretation of the models, it was observed that the interpretation of root mean square error, mean percentage error and mean deviation error values together gave more accurate results.

In conclusion, it has been suggested that Model 4 should be preferred for the global solar radiation forecast of Hatay province.

Keywords: Solar energy, Solar radiation, Global solar radiation, Modelling, Hatay.

[1*]**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Recep KÜLCÜ, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey. E-mail: recepkulcu@isparta.edu.tr OrcID: 0000-0002-7185-6514
[2] Rabia ERSAN, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey. E-mail: rabiaersan@gmail.com OrcID: 0000-0003-1119-4894.
Atıf/Citation: KÜLCÜ, R., ERSAN, R. Empirical Modelling of Global Solar Radiation in Hatay (Turkey) Province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 446-456.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Global güneş radyasyonu tahmininde kullanılan çok sayıda model bulunmaktadır. Ancak bu tahmin modelleri, kullanılan bölgenin iklim ve coğrafi özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Bir bölge için belirlenen tahmin modeli farklı bir bölgede kullanıldığında başarılı tahminler verememektedir. Bu modellerden doğru sonuçlar alınabilmesi için çalışmaların bölgesel ölçekte test edilmesi, model katsayılarının hesaplanması ve bölgeye uygun modelin tespit edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, 5 403 km yüzölçümüne sahip, 39.92º kuzey enlemi ile 36.16º doğu boylamında yer alan, Erinç'in yağış etkinlik indeksine göre 50.6 değeri, De Martonne-Gottmann kuraklık indisine göre 41.3 değeri ile nemli iklim özelliğine sahip Hatay ilinde yatay düzleme gelen aylık ortalama global güneş radyasyonunun tahmin edilebilmesi için 7 farklı model incelenmiş, karşılaştırma grafikleri oluşturulmuş ve istatistiksel parametreler doğrultusunda yorumlamaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında modellerin, determinasyon katsayısı (R^2), ortalama yüzde hata (MPE), ortalama sapma hatası (MBE) ve ortalama karekök hatası (RMSE) parametrelerine göre istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak, Hatay ili için global güneş radyasyonu değerlerini en doğru tahmin eden model belirlenmiştir.

Modeller kullanılarak elde edilen tahminler ve ölçülen gerçek verilerin grafikleri ve istatistiksel parametreler genel olarak değerlendirildiğinde; en başarılı modelin 0.17306 RMSE değeri ile Model 4, en düşük başarıdaki modelin 2.11851 RMSE değeri ile Model 3 olduğu görülmüştür.

Modeller determinasyon katsayısına göre yorumlandığında diğer modellerinde genel olarak başarılı olduğu görülmüştür. Fakat bu durum tahmin edilen ve ölçülen verilere ait karşılaştırma grafikleri ile örtüşmemektedir. Bu nedenle tahmin modellerinin istatistiki olarak değerlendirilmesinde determinasyon katsayısının yeterli olmadığı görülmüştür. Modellerin yorumlanmasında ortalama karekök hatası, ortalama yüzde hata ve ortalama sapma hatası değerlerinin bir arada yorumlanması ile daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak Hatay ili global güneş radyasyonu tahmini için Model 4'ün tercih edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Güneş radyasyonu, Global güneş radyasyonu, Modelleme, Hatay

1. Introduction

Reserves of energy and other resources are gradually decreasing with the increasing population of the earth. This situation directs us to sustainable and more efficient use of resources and reveals the importance of renewable resources. Solar energy is a low cost resource because of being both abundant and renewable as well as having no fuel cost. In addition to these, the fact that most of the environmental problems arising from the use of fossil fuels are not experienced in the production of solar energy makes this type of energy clean and environmentally friendly (Varınca and Gönüllü, 2006; Türkboyları, 2018; Türkboyları and Yüksel, 2021). The use of solar energy, which is seen as a natural and inexhaustible energy among all renewable resources, has become increasingly widespread in recent years. Academic studies conducted in the field of solar energy systems, the biggest energy source among renewable energy sources; are all concentrated towards the correct use of the potential and increasing its efficiency. Many commercial products are emerging in the field of solar energy due to the absence of environmental polluting wastes, simple applicability and the fact that no complex technology is required in thermal applications. Solar energy constitutes the basis of life on earth and is an abundant and clean resource. The sun is a natural fusion reactor that emits energy in the form of electromagnetic radiation into space (Karakaya et al., 2019). The basic input in solar energy systems is the amount of radiation from the sun. The amount of energy coming from the sun through the atmosphere is certain and it is approximately 1370 W/m². However, the amount of this value reaching earth varies between 0-1100 W/m^2 depending on climatic, atmospheric and topographic elements. Energy from the sun, due to atmospheric factors (dust, fog, mist, cloudiness, etc.), is partially absorbed by or changes direction in the atmosphere. The remaining part reaches the earth on different types of surface (e.g., soil, plant, bare land, water, artificial surface, etc.) and is absorbed again in different levels depending on the topography and texture while some is reflected back. Due to this complicated trip, the part of the radiation reaching the earth from outside of the atmosphere cannot be calculated precisely. In this context, prediction models developed by different researchers are being used.

The operating costs of solar energy systems are very low. In solar energy facilities, the main cost item is investment cost. The breakeven points and internal profitability ratios of these systems depend on the amount of energy generated, which is the sole revenue item of the facility. The main factor affecting the energy to be generated in solar energy facilities is the amount of global solar radiations. For this reason, feasibility studies are carried out before solar power plants are established. The success of the models that predict the global solar radiation is of great importance in order to perform feasibility studies in a healthy way.

Calculating the exact amount of global solar radiation is not only important for solar energy facilities but it is also important in terms of buildings to have heat loads for cooling purposes, evaluating passive building heating systems and examining the performance results, analyzing the operating performance of systems that provide solar energy collection and conversion. Thanks to the data obtained, it becomes easier to obtain optimum parameters in agriculture, use of water resources, detecting solar radiation behavior and defining architectural designs (Güngör et al., 2005).

There are many models used in global solar radiation prediction. However, these prediction models vary according to the climate and geographic characteristics of the region involved. When the prediction model determined for a region is used in a different region, the prediction model may not work. In order to gain absolute and stable results from these models, the studies should be either custom-made or tested (Kallioglu et al., 2017). Ertekin and Yaldız (1999) tried to estimate the monthly global solar radiation for Antalya province using the multi-liner regression equation using combinations of each of nine variables, individually and together, including the extraterrestrial radiation, solar declination, mean relative humidity, ratio of sunshine duration, mean temperature, mean soil temperature, mean cloudiness, mean precipitation and mean evaporation. According to the results of this study, it was seen that the equation in which nine variables were used together had the highest R^2 (0.99861), and the MPE (1.956) and RMSE (2.495) values were within acceptable ranges. Almorox et al. (2013) made estimation of daily global solar radiation from measured temperatures using Hargreaves-Samani model, Allen model, Samani model, Bristow-Campbell model, Almorox model and liner regression model in Canada de Luque, Cordoba, Argentina. In the results of this study, Samani model using the max-min temperature difference gave low R^2 values when estimated with its own coefficients, but high R^2 values when adapted to the region. This model had R^2 of 0.887, RMSE of 2.046, MBE of -0.080 and MPE of -2.481.

Karakaya et al (2019) statistically compared the data of global solar radiation prediction models using 5 models, namely Veeren and Kumar, Cheegar and Chibani, Ampratwum and Dorvlo, Bahel, Luhanga and Andringa, in this study they conducted in the Şanlıurfa region. They reported that the closest value to the measurement results was Cheegar and Chibani Model with a value of 0.9912 R^2. When Cheegar and Chibani Model were compared with real meteorological data, it was seen that the difference between the developed models was very small. Külcü et al. (2017), estimated global solar radiation on horizontal surfaces for Mersin city using 6 empirical models. Model 6 ($\frac{H}{H_0} = \left[\frac{1.333962\left(\frac{S}{S_0}\right)}{0.044188\ w_s}\right] + 0.002578\ w_s$) gave the most successful estimation (RMSE of 0.8576, MBE of -0.3251, MPE of-4.7622) among using models. Bulut and Büyükalaca (2007), the global solar radiation forecasts based on the trigonometric functions developed by modeling themselves had applied for Turkey's 68 provinces. According to the results of the study, Antakya was among the most successful provinces (RMSE of 2.91 and R^2 of 0.90).

The purpose of this study is to test each one of the 7 different models in the literature and identify the model, along with all its values and coefficients, which can be applied under Hatay conditions to predict the global solar radiation amount of the province.

2. Material and Methods

It takes place in the sun belt as well as the geopolitical position of Turkey is of great importance in terms of having to climatic wealth. In this study, the amount of global solar radiation reaching Turkey's southernmost Hatay province, located in the eastern 39.92º latitude and northern longitude 36.16º, covering an area of 5403 km, has been tried to be predicted using meteorological data (*Figure 1*). With statistical interpretations, the ideal global solar radiation prediction model for Hatay province has been determined.

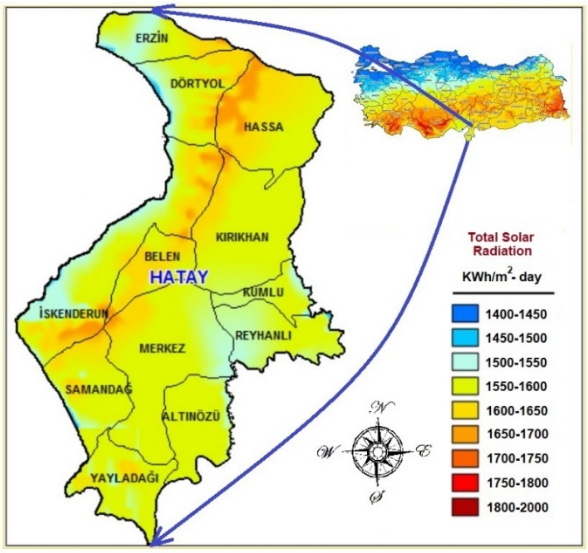


Figure 1. Hatay province solar energy potential spatial map (Anonymous 2020a)

Located in the south of our country, on the eastern shores of the Gulf of Iskenderun, at an altitude of 89 m above sea level, the province of Hatay has a warm and temperate climate. According to the values calculated by using the measurement data between the years 1940-2019, the region has a humid climate with a value of 41.3, based on De Martonne-Gottmann's drought index and 50.6 based on Erinç's rainfall efficiency index. It was observed that the highest temperature in the region was 44.6° C in July on 02.07.2017 and the lowest temperature was in January with -11.8° C on 14.01.1950, according to the multi-year climate data of the General Directorate of Meteorology. Annual average sunshine duration is 86.2 hours (Anonymous, 2020b).

2.1. Calculation of the amount of solar radiation coming out of the atmosphere in Hatay

The amount of daily extra-terrestrial solar radiation calculated using Equations 1 and 2 (Duffie and Beckman, 2006; Mengec et al., 2006).

$$H_O = \frac{24x3600xG_{sc}}{\pi} f\left[Cos\varphi\ Cos\delta\ sinw_s + \frac{\pi}{180} w_s Sin\varphi Sin\delta\right] \quad \text{(Eq.1)}$$

$$f = 1 + 0.033\left(Cos\frac{360n}{365}\right) \quad \text{(Eq. 2)}$$

Ho value is calculated using declination and clock angles. Declination angle refers to the angle between the plane on which the earth rotates around the sun and the equatorial axis. And this angle takes the maximum value on June 21, minimum value on December 21, and becomes zero on March 21 and September 21.

The angle of declination, which varies depending to the day of the year (as of January 1), was calculated using equation number 3 (Duffie and Beckman, 2006; Cooper, 1983).

$$\delta = 23.45\ Sin\left(360\frac{n+284}{365}\right) \quad \text{(Eq. 3)}$$

The sunset hour angle refers to the angle between the expected sunray latitude (at sunset hour) and the calculated latitude. The sunset hour angle was calculated using Equation 4 (Ertekin et al., 2008).

$$w_s = arccos[-tan(\varphi)tan(\delta)] \quad \text{(Eq. 4)}$$

2.2. Calculation of the global monthly average daily solar radiation in Hatay

Models in the literature were used in calculating the solar radiation reaching the earth's surface in Hatay. In the models in the literature, S/S0 (Cloudiness coefficient) and clock angle (ws) coefficient are used as variables. Here, S refers to the sunshine duration of that day on the date and coordinate calculated, and S0 refers to the total day length in the same day and in the same place. While the S value was determined according to meteorological measurements, the S0 value was calculated using equation number 5 (Duffie and Beckman, 2006).

$$S_{0=}\frac{2}{15} cosh^{-1} - tan\,\delta\,tan\,\varphi \quad \text{(Eq. 5)}$$

2.3. Models used in the study

Within the scope of the study, seven different models in the literature were applied for the province of Hatay. These models were given in *Table 1*.

Table 1. Global solar radiation prediction models used in the study

Model No	Model
Model 1 (Angstrom, 1924; Presscott, 1940; Duffie and Beckman, 1980)	$\frac{H}{H_0}=c_1+c_2\left(\frac{S}{S_0}\right)$
Model 2 (Elagib and Mansell, 2000)	$\frac{H}{H_0}=c_1+c_2\left(\frac{S}{S_0}\right)^{c_3}$
Model 3 (El-Metwally, 2005)	$\frac{H}{H_0} = c_1^{(1/S)}$
Model 4 (Külcü, 2015)	$\frac{H}{H_0}=\left[\frac{c_1\left(\frac{S}{S_0}\right)}{c_2\ w_s}\right]+c_3 w_s$
Model 5 (Ampratwum and Dorvlo, 1999)	$\frac{H}{H_0}=c_1+c_2\left(\frac{S}{S_0}\right)+c_3\log\left(\frac{S}{S_0}\right)$
Model 6 (Almorox and Hontoria, 2004)	$\frac{H}{H_0}=c_1+c_2\exp\left(\frac{S}{S_0}\right)$
Model 7 (Külcü, 2019)	$\frac{H}{H_0}=c_1+c_2\log\left(\frac{\frac{S}{S_0}}{w_s}\right)+c_3\left(\frac{S}{S_0}\right)$

2.4. Statistical parameters used to test the prediction success of the models

In order to compare the prediction capabilities of the models examined within the scope of the study; MPE (mean error percentage) in Equation 6, MBE (mean deviation error) in Equation 7, RMSE (root mean square error) in Equation 8 and R^2 (Coefficient of determination) in Equation 9 have been calculated.

The coefficient of determination is an indicator of the interdependence between variables, and the closer this value is to one, the stronger the bond between variables. The root mean square error (RMSE) is the indicator of the deviation between the measured and calculated values and provides information about the short-term performance of the model under study. The closer the RMSE value is to zero, the better the performance of the model is evaluated. Mean deviation error (MBE) provides information about the long-term performance of the model under study. The closer the MBE value is to zero, the higher the model's performance. If this value is positive, it indicates that a prediction has been made above the calculated value, if it is negative, it indicates that a prediction has been made below the calculated value. Average error percentage (MPE) is an indication of the percentage value of the deviation between the measured and calculated values, and the closer the value to zero, the higher the performance of the model (Tırmıkçı, 2018).

$$\mathrm{MPE} = \frac{1}{\mathrm{N}}\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}}\left(\frac{\mathrm{H_{ip}}-\mathrm{H_{io}}}{\mathrm{H_{io}}}\right)\mathrm{x100} \quad \text{(Eq. 6)}$$

$$\mathrm{MBE} = \frac{1}{\mathrm{N}}\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}}\left(\mathrm{H_{ip}} - \mathrm{H_{io}}\right) \quad \text{(Eq. 7)}$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{N}}\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}}\left(\mathrm{H_{ip}} - \mathrm{H_{io}}\right)^2} \quad \text{(Eq. 8)}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(H_{ip}-H_{ipa})(H_{io}-H_{ioa})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{N}(H_{ip}-H_{ipa})^2][\sum_{i=1}^{N}(H_{io}-H_{ioa})^2]}} \quad \text{(Eq. 9)}$$

3. Results and Discussion

The global radiation values predicted by the models used in the study and the monthly changes of the values measured from the meteorology station in the city of Hatay are shown in graphs.

Figure 2 shows the data measured with the values predicted by Model 1. According to the comparison of the forecast-measured data curve given in Model 1, the predicted values were found to be below the measured value in the period between the end of February and the middle of June. The prediction values in February and June gave the values closest to the measured value. In other months of the year, the predicted values were slightly above the measured value. Figure 3 shows the predicted values and measurement values indicated by Model 2. Model 2 has obtained the most accurate predictions throughout February, the last week of April, the first week of July, and the period from mid-September to December.

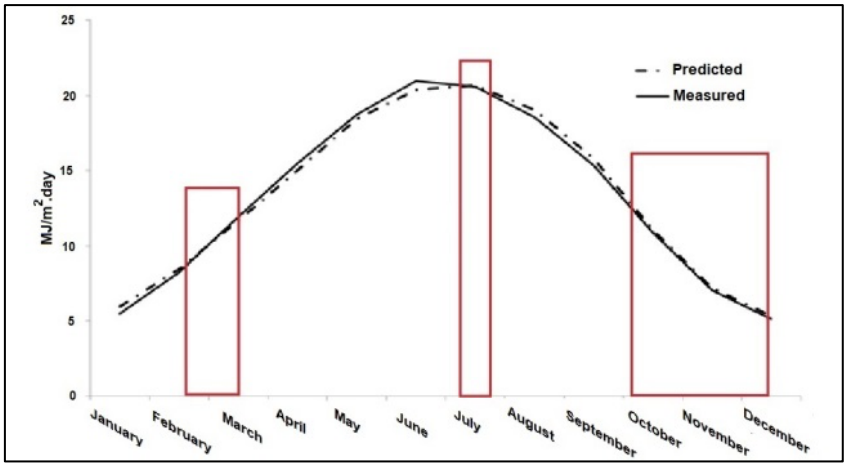


Figure 2. Data predicted and measured by model 1.

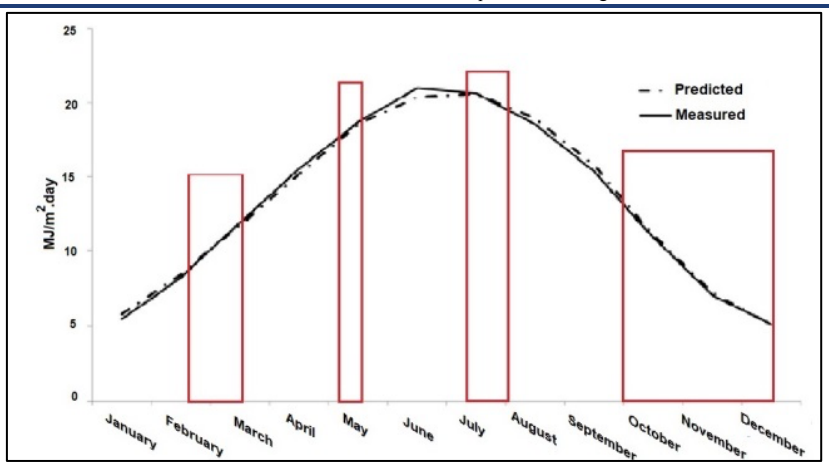


Figure 3. Data predicted and measured by model 2

The prediction values indicated by Model 3 are shown in *Figure 4*. Model 3 made the furthest predictions among all the models used within the scope of the study. Model 3 made predictions far from measured values, except for the last week of April and the end of September.

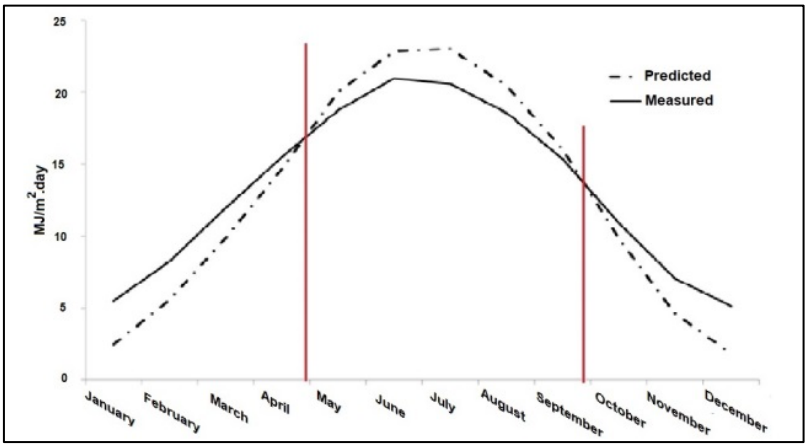


Figure 4. Data predicted and measured by model 3.

The prediction values achieved by using Model 4 are shown in *Figure 5*. Model 4 has made some very successful predictions. While it made lower predictions from the measurement values in January and June, it made higher predictions in other months of the year.

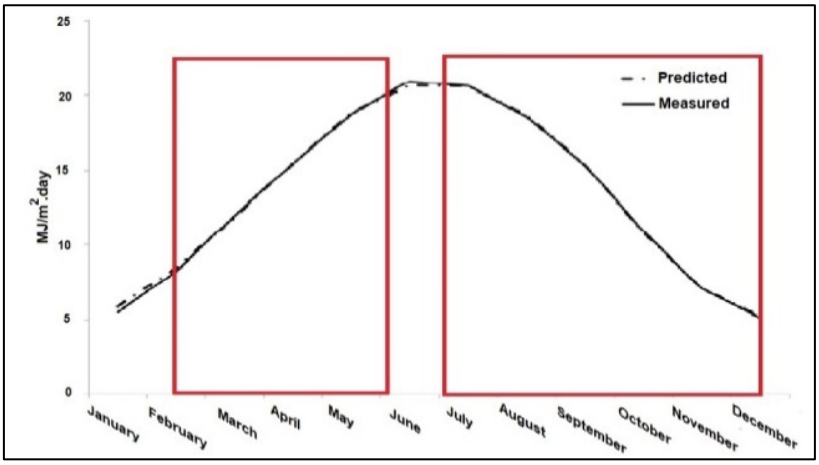


Figure 5. Data predicted and measured by model 4.

Figure 6 shows the changes in predicted values achieved by Model 5. The predictions made by Model 5 are also very successful. The model obtained higher predictions between January 5 and May, from mid-July to the first week of August, and during October-December, with the furthest prediction being June.

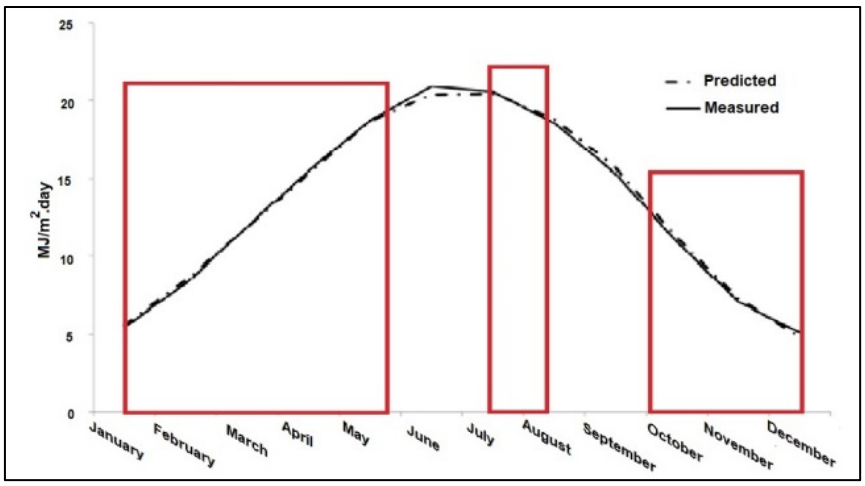


Figure 6. Data predicted and measured by model 5.

Global solar radiation values predicted by Model 6 are shown in *Figure 7*. In the forecasts made by Model 6, higher predictions were obtained in the period from the last week of February to mid-March, in the first week of July, and in the period from the last week of September to mid-November. And the predictions in other months were lower than the measurement values.

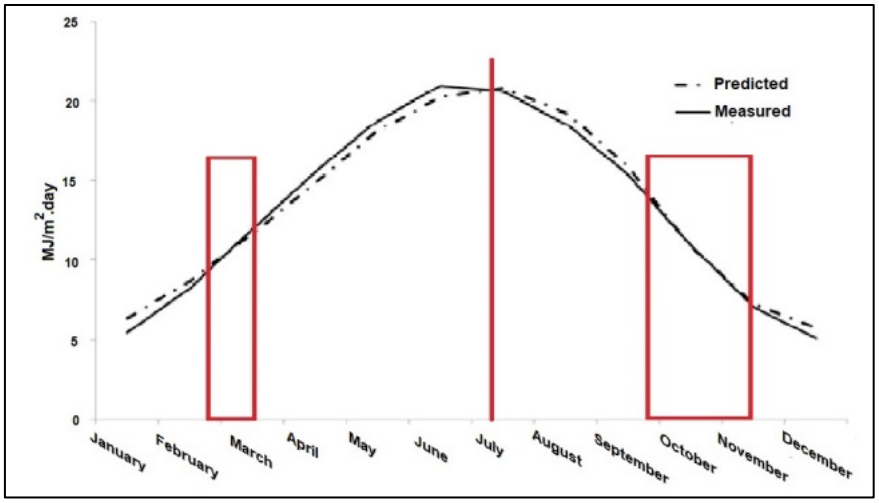


Figure 7. Data predicted and measured by model 6.

Figure 8 shows the changes of the predicted values achieved by Model 7. Predictions very close to the measured value were obtained in the period starting from mid-February and extending to mid-March, mid-May, in mid-July, and from late September to mid-December.

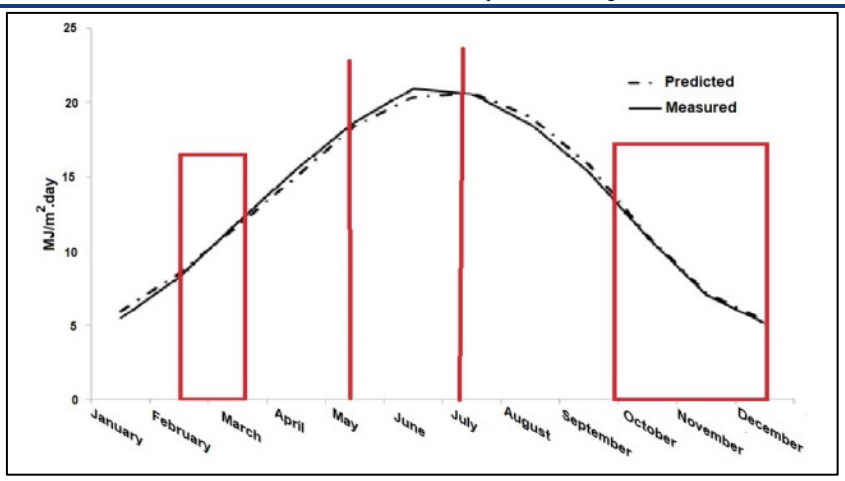


Figure 8. Data predicted and measured by model 7.

Table 2 shows the results of statistical analysis performed by using the predicted data and measured data of the models. The MBE parameter provides information about the long-term performance of the model. If this value gives negative values, it shows that it is below the prediction, and positive values show that it is above the prediction. The MPE parameter provides information about the average percentage deviation between the calculated and measured values. The RMSE parameter provides information about the short term performance of the models. The RMSE value is always positive and compares the actual deviation between the calculated values and the measured values for each term. The R^2 parameter shows the importance of the relationship between calculated and measured values. If this value is close to 1, the relationship between the calculated and measured value is important, and the fact that it is far from 1 indicates that the level of importance is low. The c values in *Table 2* represent the constants used in the models and are the results calculated to predict the global solar radiation levels of the province of Hatay within the scope of the study.

Table 2. Statistical analysis results of the models.

	c_1	c_2	c_3	MPE	MBE	RMSE	R^2
Model 1	0.21619	0.35699	-	1.26822	0.05393	0.35727	0.99658
Model 2	0.00000	0.55884	0.49341	0.87998	0.04295	0.29597	0.99761
Model 3	0.00134	-	-	-14.57251	-0.59046	2.11851	0.99498
Model 4	1.02219	0.04107	0.00295	**0.80490**	**0.03568**	**0.17306**	**0.99931**
Model 5	0.58639	0.04302	0.54696	0.34448	0.02622	0.26443	0.99792
Model 6	0.28767	0.03403	-	2.56235	0.09840	0.55411	0.99245
Model 7	0.21619	0.00000	0.35699	1.26822	0.05394	0.35727	0.99658

When the statistical evaluation parameters in *Table 2* are examined; while the highest R^2 value was calculated for Model 4 with a level of 0,99931, the lowest R^2 value was calculated for Model 6 with a level of 0.99245. The R^2 value of all the models was above 0.99, and it was observed that the predicted data were in a very high relationship with the measured data. When the graphs of the predicted and measured data were examined, it was seen that the model closest to the measured value was Model 4, and the RMSE value was found to be lower than the other models with a value of 0.17306. Model 4's MBE value was calculated at 0.03568 and MPE value at 0.80498.

When the graphs of the predicted and measured data were examined, it was seen that the model furthest to the measured value was Model 3. The determination coefficient of this model was calculated to be 0.99498, and this result showed that there was a strong relationship between variables. However, the RMSE (2.11851) value calculated for this model showed that the error level of the model was higher than the others. When the average deviation error of the model was examined, it was seen that it made predictions below the measured value with

the value of -0.59046 and it was observed that the performance of the model was low with the average percentage error of -14.57251.

Although the solar energy potential of the Hatay province on the average of Turkey, It causes a partial decrease in the amount of radiation because of it has low altitude in terms of topography, high amount of humidity and number of foggy days (Geçen, 2019). Due to this feature of region, it is thought that Model 4, which is based on cloudiness coefficient and time angle, is effective in giving more successful results for region. As a result of this study, when estimates made by Model 4 for the province of Hatay were compared with the literature data; It wass seen that the RMSE value of Model 4 was lower than other studies. The R^2 value of Model 4 was also calculated higher than the studies in the literature. In addition, in the modeling study (Model 6 used by Kulcu) carried out by Külcü (2017), it was determined that the same model was also successful for Mersin.

4. Conclusion

Studies on global solar radiation prediction are based on the Angstrom-Prescott model or adaptation of other developed empirical models according to the spatial or climate characteristics of the region to be predicted and selecting the model that gives the most successful forecast. In this study, global solar radiation estimation of the region was made using 7 different empirical models according to the climate and geographic characteristics of Hatay province, and the most successful model was selected by evaluating the statistical results.

When the graphs of the data measured by using the predictions obtained by the models and the statistical parameters are evaluated in general, it is seen that the model that makes the closest prediction to the actual value is Model 4 with an RMSE value of 0.17306, and the model that makes the furthest prediction is Model 3 with an RMSE value of 2.11851. Other models are also found to be generally successful.

It has been observed that the determination coefficient was not sufficient in the statistical evaluation of the prediction models. It has also been observed that interpreting root mean square error values together with MPE and MBE values yields more accurate results. The same has also been observed in the comparison charts of predicted and measured data.

Regional and climatic characteristics such as geographical location, topographic structure, sunshine duration, cloudiness, temperature, precipitation, vapor pressure was used in solar forecast models. These parameters give different results in different regions. For this reason, it is recommended to work on more than one model in future studies and to validate the selected model for that region. It is thought that this study will be a guide in the planning phase of the studies to be carried out and the facilities to be established based on solar energy in the Hatay region.

References

Almorox, J., Hontoria, C. (2004). Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conversion and Management* 45: 1529–35.

Almorox, J., Bocco, M. , Willington, E. (2013). Estimation of daily global solar radiation from measured temperatures at Cañada de Luque, Córdoba, Argentina. *Renewable Energy*, 60, 382-387.

Ampratwum, D.B., Dorvlo, A.S.S. (1999). Estimation of solar radiation from the number of sunshine hours. *Applied Energy* 63: 161–7.

Angstrom, A. (1924) Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation. *In: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 50(210):121-126.

Anonymous (2020a). https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/hatay (Accessed date: 27 Eylül 2020)

Anonymous (2020b). https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY (Accessed date: 27 Eylül 2020)

Bulut, H., Büyükalaca, O. (2007). Simple model for the generation of daily global solar-radiation data in Turkey. *Applied Energy,* 84(5), 477-491.

Cooper, P.I. (1983). The Absorption of radiation in solarstills. Solar Energy 12 (3): 333–346.

Duffie, J.A., Beckman, W.A. (1980). Solar engineering of thermal processes. Fourth Edition. New York: John Wiley& Sons, 2013.

Duffie, J.A., Beckman, W.A. (2006). Solar engineering of thermal processes. 3rd ed. New York: John Wiley& Son.

Elagib, N., Mansell, M.G. (2000). New approaches for estimating global solar radiation across Sudan. *Energy Conversion and Management* 41 (5): 419–434.

El-Metwally, M. (2005). Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 67 (14): 1331–1342.

Ertekin, C., Yaldız, O. (1999). Estimation of monthly average daily global radiation on horizontal surface for Antalya (Turkey). *Renewable Energy,* 17(1), 95-102.

Ertekin, C., Külcü, R., Evrendilek, F. (2008). Techno-Economic analysis of solar water heating systems in Turkey. *Sensors* 8 (2): 1252-1277.

Geçen, R. (2019). Hatay ilinde güneş enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi santrali kurulacak alanlarının belirlenmesi. *Social Sciences*, 14(6), 3031-3054.

Güngör, A., Abdullah, A.G., Kartal, Y. (2005). Ülkemiz enlemleri açık gün ışınımının Hesaplanması için bir algoritma, örnek uygulama: MERSİN. https://mmo.org.tr/sites/default/files/12a3c9878efeae8_ek.pdf (Accessed date: 27 Eylül 2020)

Kallioğlu, M.A., Ercan, U., Karakaya, H., Durmuş, A. (2017). Adıyaman ilinde yatay düzleme gelen global güneş ışınım değerlerinin ampirik modeller ile geliştirilmesi. Fırat University*, Journal of Engineering Sciences* 29 (1): 151-159.

Karakaya, H., Avcı, A.S., Ercan, U., Kallioğlu, M.A. (2019). Şanlıurfa ilinde yatay yüzeye gelen anlık global güneş ışınımının modellenmesi. Dicle University Faculty of Engineering, *Journal of Engineering* 10 (1): 147-155.

Külcü, R. (2015). Isparta ili için yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının modellenmesi. Süleyman Demirel University, *Journal of The Faculty of Agriculture* 10(1): 19-26.

Kulcu, R., Suslu, A., Cihanalp, C., Yilmaz, D. (2017). Modelling of global solar radiation on horizontal surfaces for Mersin city. *Wind Energy,* 433(216), 127-4.

Külcü, R. (2019). Global güneş radyasyonunun ampirik modellenmesinde kullanılabilecek yeni bir modelin geliştirilmesi ve Çankırı ilinde uygulanması. Süleyman Demirel University, *Yekarum e-Dergi* 4 (2): 1-8.

Mengec, O., Ertekin, C., Sonmete, M.H. (2006). Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management* 47 (18-19): 3149–3173.

Prescott, J. (1940). Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *In: Transactions of the Royal Society of South Australia.* 64(1):114-118.

Tırmıkçı, C.A. (2018). *İki eksen güneş izleyen hareketli güneş sistemi ve en uygun yıllık eğim açısı ile konumlandırılmış sabit güneş sisteminin gerçek zaman karşılaştırması*. (Ph. D. Thesis) Sakarya University, Institute of Natural Sciences, Electrical and Electronics Engineering Department, Sakarya,Turkey

Türkboyları, E.Y. (2018). Tekirdağ Koşullarında Güneş Kolektörlerinden Elde Edilen Isı Enerjisi ile Sera Toprağının Dezenfekte Edilmesi, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(1), pp. 123-128.

Türkboyları, E.Y., Yüksel, A.N. (2021). Use of Solar Panel System in Vermicompost (Worm Manure) Production Facilities as Source of Energy, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(1), pp. 91-97.

Varınca, K.B., Gönüllü, M.T. (2006). Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *I. National Solar and Hydrogen Energy Congress*, Eskişehir, pp. 270-275.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 08/12/20
Kabul/Accepted: 29/03/21
DOI: 10.33462/jotaf.837446

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Prediction of Photovoltaic Panel Power Outputs Using Time Series and Artificial Neural Network Methods

Zaman Serileri ve Yapay Sinir Ağı Yöntemleri Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıkışlarının Tahmini

Aylin DUMAN ALTAN[1], Bahar DIKEN[2], Birol KAYIŞOĞLU[3]

Abstract

Solar energy is one of the renewable energy sources that has been in high demand in the last decades. With the increasing penetration of photovoltaic (PV) systems in around the world, accurate estimation of the power output of PV systems has become an important issue. Since PV systems directly convert sunlight into electrical energy, PV power output varies depending on environmental conditions. In order to deal with the periodic and non-stationary problems of PV output power, modelling methods are widely use for forecasting. The main purpose of this study is to lead an assessment of forecasting of the PV power outputs in short-time. For this purpose, data are obtained from experimental activities carried out on a real 250 kW_p PV stystem, which is located in T.C Tekirdağ Namık Kemal University, Süleymanpaşa district of Tekirdağ province. All parametres are measured hourly with three times according to inclination of the panel setups (0˚, 30˚,60˚). In this sense, this study differs from the previously studies in literature, as it expands the forecasting model with considering of different panel angle. In the first stage, the significant variables for predicting PV power output are identified based on both correlation analysis and stepwise regression analysis. The findings are shown that solar radiation and angle of inclination of the panel are significant predictors of the generation of PV power. In the second stage, three different model are proposed based on Time Series Analysis (TSA) and Artificial Neural Network (ANN) approaches in order to predict power production of PV system. Furthermore, the accuracies of the models are analyzed in order to better understand the internal errors that occur in energy estimation applications and to evaluate their potential. All models are compared in terms of the correlation coefficient (R), coefficient of determination (R^2), mean absolute percentage error (MAPE). The results of analyses show that the ANN models have higher accuracy than the TSA model for forecasting PV power.

Keywords: Artificial neural network; Back propagation; PV power forecasting; ARIMA, Tekirdağ

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Aylin DUMAN ALTAN, Tekirdağ Namık Kemal University, ÇORLU Faculty of Engineering 59860 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail : aduman@nku.edu.tr OrcID:0000-0002-5651-1366

[2] Bahar DİKEN, Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail : bahar233423@hotmail.com , OrcID: 0000-0002-8087-7595

[3]Birol KAYİŞOĞLU Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY E-Mail : bkayisoglu@nku.edu.tr , OrcID: 0000-0002-2885-3174

Atıf/Citation: DUMAN ALTAN A., DIKEN B., KAYİSOGLU B. Prediction of Photovoltaic Panel Power Outputs using Time Series and Artificial Neural Network Methods. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 457-469.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Güneş enerjisi, son yıllarda yüksek talep gören yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Fotovoltaik (FV) sistemlerin dünya çapında artan yaygınlığıyla birlikte, FV sistemleri güç çıkışının doğru tahmini önemli bir konu haline gelmiştir. FV sistemleri doğrudan güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürdüğünden, FV güç çıkışı çevre koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. FV çıkış gücünün periyodik olma ve durağan olmama sorunlarının üstesinden gelebilmek amacı ile yapılan tahminlemelerde modelleme yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, kısa süreli FV güç çıkışı tahminlerinin değerlendirilmesinde yol gösterici olmaktır. Bu amaçla toplanan veriler, Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesine bağlı T.C Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi'nde kurulan bir 250 kW_p'lık FV sistemi ile gerçekleştirilen deneysel faaliyetlerden elde edilmiştir. Tüm parametreler, saat bazında farklı panel eğim açıları (0˚, 30˚, 60˚) dikkate alınarak üçer kez ölçülmüştür. Bu anlamda, bu çalışma tahmin modelini farklı panel açılarını da dikkate alarak genişletmesi nedeniyle literatürdeki önceki çalışmalardan farklılık göstermektedir. İlk aşamada, FV güç çıktısını tahmin etmede kullanılacak anlamlı değişkenler hem korelasyon analizi hem de aşamalı regresyon analizi sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bulgular, güneş radyasyonunun ve panel eğim açısının, FV gücü üretiminin önemli belirleyicileri olduğunu göstermiştir. İkinci aşamada, FV sisteminin güç üretimini tahmin etmek için Zaman Serisi Analizi (TSA) ve Yapay Sinir Ağı (YSA) yaklaşımlarına dayalı olarak üç farklı model önerilmiştir. Ayrıca, enerji tahmin uygulamalarında ortaya çıkan içsel hataları daha iyi anlamak ve potansiyelini değerlendirmek için modellerin doğrulukları analiz edilmiştir. Tüm modeller korelasyon katsayısı (R), belirleme katsayısı (R^2), ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) açısından karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları, FV gücünü tahmin etmek için YSA modellerinin TSA modelinden daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağı, Geri yayılım, FV güç tahmini, ARIMA, Tekirdağ

1. Introduction

In parallel to the economy competition of the world, the use and management of energy resources has become an important indicator of development. Renewable energy sources (like solar, wind, etc.) play an important role in electricity generation due to the increasing energy demand linked to fossil fuel depletion and the environmental problems associated with fossil fuel use (Al-Ali, 2016). Solar energy applications are increasing worldwide and development of its technology is significant to meet global energy demand. One of the most notable solar energy applications is photovoltaic (PV) systems which can be convert sun light directly into electric power. The use and management of PV systems require finding the solution to optimization problems on various fields from installation phase to use phase including one or more objectives such as minimum energy costs, maximum energy production, maximum energy efficiency, minimum greenhouse gas emissions etc. On the other hand, using of solar energy as useful energy source have high uncertainty and technical complexity because of the dependence of it on climatic conditions, numerous decision variables and parameters. Solar power production is affected by some environmental and geographical factors like other renewable energy sources. Depending on that, it is not always possible to measure solar power in a particular region require qualified staff and significant economic investments. The estimation of the power output is also vital in terms of factors such as installation of solar panels, guidance of electricity companies, energy management and distribution (Dandıl and Gürgen, 2017). In particular, predictions based on meteorological data constitute a significant reference for determining the installation locations of solar panels. In this way, the cost of panel installation is avoided. Moreover, if after installation, PV output power forecasting is needed to produce estimates for the elimination of risk based on the uncertainty of the amount of production and reduce the cost of energy. Therefore, in recent years several PV power forecasting models have proposed based on different methods and compared performances (*Table 1*). Though the most applied technique in these forecasting models is ANN, due to their inherent ability to non-linear, dynamic, noisy data and complex system (Ramsami and Oree, 2015), also statistical, physical models are used. In literature, there are many benchmarking studies to determine which approach and under which conditions work best for the proposed situations. In this study, the focus is on TSA and ANN and some studies in the literature related to the prediction of solar power as follows:

In order to boost accuracy of solar power forecasting, in addition to the recommended strategic input selection method and searching for optimal size of network, options of output processing were tested by Netsanet et. al. (2016). It was found that the prediction accuracy can be increased by the use of networks with different learning algorithms and different types of ANN. A back propagation neural network model, which was network structure of 28-20-11, was proposed in order to forecast the power output of a PV system located in Ashland. It was noticed that the corresponding error of MAPE was average 7.16% for four different forecasting days (Kumar and Kalavathi, 2018). In paper (Abdel-Nasser and Mahmoud, 2019), the performance of the proposed method was compared with three PV forecasting methods: multiple linear regression (MLR), bagged regression trees (BRT), and ANN. As the result, the proposed method with three PV forecasting methods based on MLR, BRT, and ANN methods had best results. The another paper suggested a partial functional linear regression model for predicting the daily solar power and the comparison results based on the real data set collected in Macau, showed that the regularized model improves the forecast accuracy of the MLR and ANN models (Wang et al., 2016). In an experimental study, it was revealed that thermal energy generated by solar collectors can be used efficiently in Tekirdağ (Yüksel Türkboyları, 2018). A PV solar power system, which included a 750 W_p panel, was constructed in Istanbul Technical University, Istanbul in order to determine time horizon having the highest representative of generated electricity forecasting of small scale system (İzgi et al., 2012). Especially, when stationary conditions were observed, ANN could predict with good performance of to begenerated energy from 3 to 300 minute ahead. In addition, the capabilities of ARIMA and ANN were compared by Ahmed et al. (2014) and the capabilities of SARIMA, SARIMAX and ANN were compared by Vagropoulos et al. (2016) for forecasting of photovoltaic energy production. Kardakos et al. (2013) compared two practical methods for electricity generation forecasting of grid-connected PV plants and detected the ANN models and the modified SARIMA model were superior in terms of the prediction error.

Within the scope of in this study, the literature was examined separately for the determination of the parameters. It is seen that (*Table 1*) parameters such as irradiance, module temperature, wind speed, air temperature are widely

used. With some exceptions (Özkişi and Topaloğlu, 2017), in many studies, although the angle of panel was included in the model, measurements were collected by setting up an experimental setup with a constant inclination angle ranging from 0 to 90. In this case, higher capacity system installations are inevitable, as the sunlight does not come directly, especially in the morning and evening hours (Yüksel Türkboyları and Yüksel, 2021). This problem can be overcome by obtaining maximum benefit from solar energy with the angular mobility of the panel. Therefore, it is even more significant to estimate the PV power by setting the angle of inclination of PV according to the position of sun in the sky. In this study, the measurements was repeated for 3 different angles in each hourly measurement period. Therefore, this paper deals with also the variability of panel angle and this factor also constitutes the originality of the study. Especially, the study is also very significant from the perspective of a model that will be used to predict the energy gains of the moving panel systems that allow the sun rays to fall perpendicular to the panel throughout the period from sunrise to sunset. For this purpose, the models are proposed based on Back Propagation Neural Network (BP-ANN) and ARIMA method and compared the accuracy performance for Tekirdağ location.

Table 1. Input parameters and model used in the literature

Article	Year	Inputs	Method
Kumar and Kalavathi	2018	Global Horizontal Irradiance, Global Diffused Irradiance, Ambient & Surface Temperature, Precipitation, Wind Speed, Air Pressure, Sunshine Duration, Humidity	ANN, ANFIS
Hossain et al.	2017	Solar Radiation, Wind Speed, Ambient & Module Temperature	ELM,SVR,ANN
Liu et al.	2017	Solar Radiation, The Highest, Lowest & Average Daily Temperature	ANN
Özkişi and Topaloğlu	2017	Wind Speed, Velocity, Temperature, Humadity, The Angle of the Cells	ANN
Huang et al.	2016	Solar Zenith Angle, Solar Azimuth Angle, Solar Irradiance, Module Temperature	ANN, Algebraic, Polynomial Regression
Ramsami and Oree	2015	Atmospheric Pressure, Humidity, Temperature, Wind Speed, Wind Direction, Rainfall, Solar Irradiance, Sunshine Duration	Multiple Linear Regression, FFNN and GRNN
İzgi et al.	2012	Ambient Temperature, Cell Temperature, Irradiance	ANN

ELM (Extreme Learning Machine), SVR (Suppurt Vector Regression), FFNN (Feed-Forward Neural Network), GRNN (Generalized Regression Neural Network), ANFIS (Adoptive Nero-Fuzzy Inference System)

The main contributions of paper will be summarized as follows:

* proposed that consider the panel angle changes when constructing the PV power forecasting models for Tekirdağ location.
* predicted of PV power based on ARIMA and BP-ANN methods and the efficiency of the methods are compared.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 presents the problem definition. Section 3 explains the obtained data & proposed methods. Section 4 presents and discusses the experimental results. The conclusions and some lines of future work are given in Section 5.

1.1. Problem Definition

Solar energy production depend on climatic conditions, numerous decision variables and parameters based on environmental and geographical, such as air temperature, wind speed, cloud cover, humidity etc. The intrinsic variability of PV output power creates different problems directly/indirectly for power grid such as power system control and reliability, reserve cost, dispatchable and auxiliary generation, grid integration and power planning (Raza et al., 2016). Therefore, there is need to accurately forecast the PV output over at different conditions depend on location. Since the geographical and environmental conditions of each region are different, the research for the model that makes the most accurate estimation in the region where the PV system is located is inevitable. In this study, experimental setup was established to develop a PV energy production model for Tekirdağ province. Since it was not possible to know which factors affect the PV output power, it was aimed to measure all the factors examined in previous studies on this subject (*Table 1*). For this purpose, the data were obtained, which was including factors as open circuit voltage, cell temperature, solar irradiance, air temperature, wind speed, short circuit current, solar power and the angle of inclination of the panel.

2. Material and Method

2.1. Meteorological data

The solar energy potential atlas of Tekirdağ province, where the experiments carried out, is given in *Figure 1*. T.C. Tekirdağ Namık Kemal University, where the experimental study conducted, was located in Süleymanpaşa district of Tekirdağ province. Distribution of Süleymanpaşa district annual sunshine duration is shown in *Figure 2*. Considering the radiation values per unit area of Süleymanpaşa district, May, June, July, August are higher than other months and the global radiation values of Süleymanpaşa district are shown in *Figure 3*. The average sun radiation in Süleymanpaşa district is 3.68 kWh m^{-2} per day and the average sunshine time is 7.16 h per day.

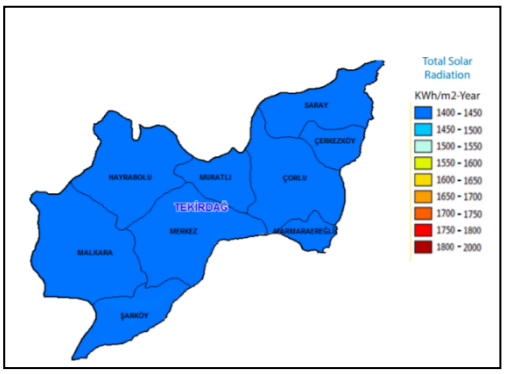


Figure 1. Solar energy potential atlas for Tekirdağ (GEPA 2019)

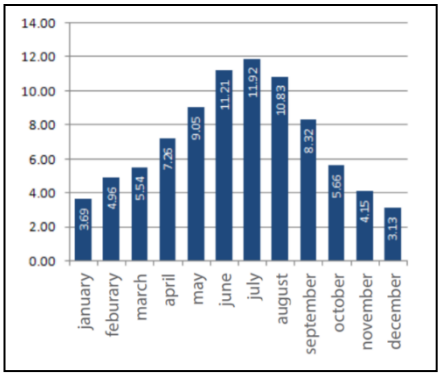


Figure 2. Annual sunshine duration (h) (GEPA 2019)

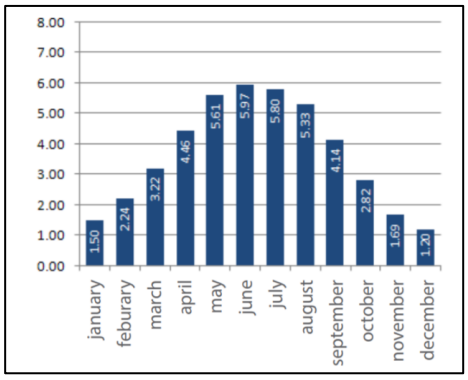


Figure 3. Global radiation value (kWh m^{-2} per day) (GEPA,2019)

2.2. PV module used in the study and its features

This experimental study was carried out using CSUN 250-60P branded polycrystalline PV module. The nominal power output of the PV module used in the experimental study has 250 W_p, nominal voltage 29.9 V and nominal current 8.36 A. Other specific features of the mobile chassis mounted panel are shown in *Table 2*.

Table 2. Specific features of the PV module

CSUN 250-60P	Technical properties	Units
Maximum Power (P_{mpp})	250	W_p
Open Circuit Voltage (V_{oc})	37.3	V
Short Circuit Current (I_{sc})	8.81	A
Nominal Voltage (V_{mpp})	29.9	V
Nominal Current (I_{mpp})	8.36	A
Series Fuse Rating	20	A
Tolerance of P_{mpp}	0≈+3	%
Weight	19.1	kg
Dimension	1640*990*40	mm
Number of cells	60	-
Effective area	1.624	m^2

2.3. Devices used during measurement

HT solar IV-400 PV panel analyzer was used to obtain performance data in the PV panel. It has IEC / ENG1010-1 safety certificate as device features and makes measurements in IEC / EN608891 (I-V curve test) standard. The data obtained were transferred to the computer environment with TOPVIEW software. LUTRON AM 4202 electronic digital anemometer was used in the PV arrangement to measure the air flow (ms^{-1}) while receiving data from the meter. The connection diagram of the device that receives data and a diagram of the anemometer are shown in *Figure 4*.

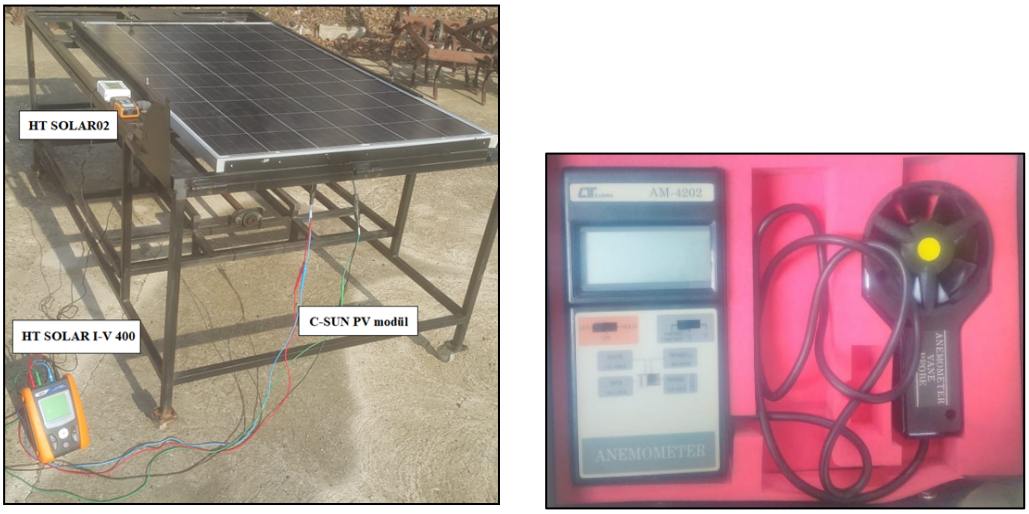


Figure 4. PV module and devices used during measurement

2.4. Methodology

The major steps followed in this paper are as shown in *Fig. 5*.

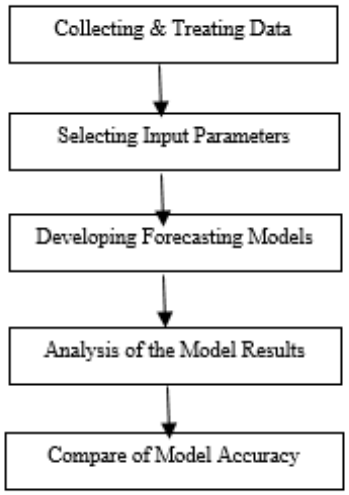


Figure 5. The major steps followed in this paper

The raw data were collected and treated first based on literature. All observations were done between 10.00 pm and 17.00 am during August 2019. The meteorological and electrical data were obtained, which is called Open circuit voltage V_{oc} (V), Cell temperature, T_c (˚C), Solar irradiance, G (W m^{-2}), Air temperature, T_a (˚C), Wind speed, W_s (m s^{-1}), Short circuit current, I_{sc} (A), Solar power, (W), Angle (˚). All parameters were measured hourly with three times according to inclination of the panel setups (0˚, 30˚,60˚). The next step was deciding the model input parameters. Correlation analysis and stepwise regression were used to determine the input parameters.

After the first step of determining the optimal model inputs, the quality of the datasets are also crucial because each dataset had different magnitude. For this reason, the input data is normalized to [0, 1] using Eq. (1).

$$x_{ik}^{*} = \frac{x_{ik}-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \quad \text{(Eq.1)}$$

Where; x_{ik} is the original data value; $x_{ik}*$ is the corresponding normalized variable; y_{min} and y_{max} is the minimum value and the maximum value in original data sets, respectively. When x_{ik} is the minimum value in the datasets, x_{ik} correspond to 0; when x_{ik} is the maximum value in the datasets, x_{ik} correspond to 1 (Liu et al., 2017).

In this study, both ANN and TSA forecast models were employed to predict the solar power using obtained data set. In this paper, a variation of the classical ARIMA model, which is called the seasonal ARIMA model, was used in order to account for the inherent seasonal effect of the PV power output. The seasonal ARIMA model is generally referred to as SARIMA (p, d, q) x (P, D, Q) , where p, d, q and P, D, Q are non-negative integers that refer to the polynomial order of the autoregressive (AR), integrated (I), and moving average (MA) parts of the non-seasonal and seasonal components of the model, respectively (Vagropoulos et al. 2016). The SARIMA model is described mathematically as follows Eq. (2), Eq. (3) and Eq. (4) (Mukaram and Yusof, 2017);

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d\left(1-B^s\right)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)e_t \quad \text{(Eq.2)}$$

where;

$$\Phi_P(B^s) = 1-\Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \cdots - \Phi_P B^{sP} \quad \text{(Eq.3)}$$

$$\Theta_Q(B^s) = 1-\Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \cdots - \Theta_Q B^{sQ} \quad \text{(Eq.4)}$$

and Yt is the observed time series value at time t, et is the residual at time t, B is the backshift operator that converts Y_t(e.g $BY_t = Y_{t-1}$), S is the seasonal period length, d is the number regular difference, D is the number of seasonal difference.

The selection process of the suitable model is basically based on certain information criteria (Akaike Information Criteria and Final Prediction Error), also in addition autocorrelation and partial autocorrelation plots are analyzed.

The method known as ANN was also used to estimate PV power. ANNs are machine learning that have algorithms developed by inspiring the human cell's nerve cell structure. The ANN derives its computing power through its massively paralled distributed structure and its ability to learn and generalize, which means finding reasonable outputs whenever inputs are not encountered during training (learning) (Vaz et al., 2016). It has been proved that a multi-layer (BP) network can achieved due to maximum number of layers can further reduce errors can improve accuracy (Narayanakumar and Raja, 2016). In addition to indicating that the ideal number of layers that can be used in a multi-layer network should be less than 5 (Arifin et al., 2019), it has been determined that the feedforward neural networks with two hidden layers generalise better than those with one (Thomas et al., 2017). The network structure proposed in this study also includes two hidden layers.

In this study, *Figure 6* and *Figure 7* present the network configuration for Model-2 and Model-3 in MATLAB platform, which are consists of two hidden layer and one output layer.

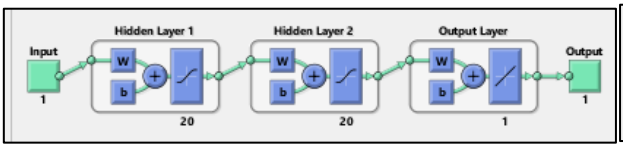


Figure 6. ANN structure of Model-2

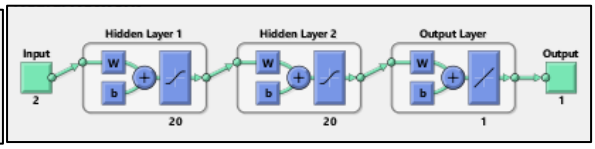


Figure 7. ANN structure of Model-3

For both models, the BFGS-Quasi Newton BP algorithm was used for training and the solar power measured by experimental setup was used as output. The sigmoid function was used as the activation function. In addition, seventy percent of the historical data were used to train the ANN, the remainder 30% are used for testing and learning rate was determined as 0.8.

Differently, the obtained data, when the panel inclination was 30 degrees constant, was used in Model-1 (for forecasting based on solar power data) and Model-2 (solar power data used as output and irradiance data used as input). The irradiance and panel angle (when the panel inclination was 0.30 and 60 degrees) data were used as input in Model-3.

In order to evaluate the obtained results, the mean absolute percentage error (MAPE), R and R2 were used. The MAPE formula is given in the below equation 5 (Liu et al., 2017).

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{P_i - P_i^*}{P_i}\right| \; x\; 100\% \qquad \text{(Eq.5)}$$

Where; P_i is the measured value of power out of the system; P_i^* is the forecasting value of the power output, N represents the number of model forecasting samples.

R^2 represents the fraction of the sample variation of the y values that is explained by the independent variables. The largest R^2 and the smallest MAPE indicates the best fit of the model. According to Lewis (1982), MAPE values lower than 10% indicate predictions with high accuracy.

3. Results and Discussion

3.1. Determination of Model Variables

Electrical data were not used to provide an estimate that does not require measurement with experimental setup. PV system experimental setup is not required for obtain any parameter data other than the module temperature data. Module temperature variable was excluded from the model, due to the high correlation (0.768) with the radiation parameter as seen in the correlation analysis (*Table 3*). Based on correlation analyses, irradiance, wind speed, air temperature and angle parameters were selected for model data.

Table 3. Correlations of parametres

		Angle	Irradiance	Module_Temp	Wind_Speed	Air_Temp
Angle	Pearson Correlation	1	-,186*	-,060	,000	,000
	Sig. (2-tailed)		,041	,514	1,000	1,000
	N	120	120	120	120	120
Irradiance	Pearson Correlation	-,186*	1	,768**	-,090	,581**
	Sig. (2-tailed)	,041		,000	,329	,000
	N	120	120	120	120	120
Module_Temp	Pearson Correlation	-,060	,768**	1	,012	,404**
	Sig. (2-tailed)	,514	,000		,900	,000
	N	120	120	120	120	120
Wind_Speed	Pearson Correlation	,000	-,090	,012	1	-,233*
	Sig. (2-tailed)	1,000	,329	,900		,010
	N	120	120	120	120	120
Air_Temp	Pearson Correlation	,000	,581**	,404**	-,233*	1
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	,010	
	N	120	120	120	120	120

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

The Skewness and Kurtosis were used to judge the normality of data. In literature, though, a normal distribution has both skewness and kurtosis values equal to zero, for psychometric purposes, skewness and kurtosis values between -2 to +2 is acceptable (Muzaffar, 2016). The values of skewness and kurtosis of each model variable fall within the acceptable range of -2 to +2, *Table 4*, shows that the data is fairly normal and the basic assumption of parametric testing is fulfilled.

Table 4. Descriptions based on variables

			Statistic	Std. Error
Power	Mean		,6511	,02138
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,6087	
		Upper Bound	,6934	
	5% Trimmed Mean		,6635	
	Median		,7050	
	Variance		,055	
	Std. Deviation		,23421	
	Minimum		,00	
	Maximum		1,00	
	Range		1,00	
	Interquartile Range		,38	
	Skewness		-,707	,221
	Kurtosis		-,237	,438

			Statistic	Std. Error
Irradiance	Mean		,6592	,02128
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,6171	
		Upper Bound	,7014	
	5% Trimmed Mean		,6711	
	Median		,7068	
	Variance		,054	
	Std. Deviation		,23314	
	Minimum		,00	
	Maximum		1,00	
	Range		1,00	
	Interquartile Range		,38	
	Skewness		-,666	,221
	Kurtosis		-,252	,438

			Statistic	Std. Error
Angle	Mean		,5000	,03742
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,4259	
		Upper Bound	,5741	
	5% Trimmed Mean		,5000	
	Median		,5000	
	Variance		,168	
	Std. Deviation		,40996	
	Minimum		,00	
	Maximum		1,00	
	Range		1,00	
	Interquartile Range		1,00	
	Skewness		,000	,221
	Kurtosis		-1,513	,438

The stepwise regression results as seen in *Table 5*. As the result, F test (P-value < .000 for Model1 and P-value < .001 for Model 2) indicates that models are significant for predicting invoice based on a group of independent variables in the models.

Table 5. SPSS model output 1

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Irradiance	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	Angle	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Power

ANOVA[c]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,274	1	6,274	2924,100	,000[a]
	Residual	,253	118	,002		
	Total	6,528	119			
2	Regression	6,296	2	3,148	1593,051	,000[b]
	Residual	,231	117	,002		
	Total	6,528	119			

a. Predictors: (Constant), Irradiance

b. Predictors: (Constant), Irradiance, Angle

c. Dependent Variable: Power

3.2. Outcome of Proposed Models

The Model-1 based on SARIMA (0,1,0)x(0,1,0) model is found to exhibit the best performance (*Table 6*). The Model-1 forecast capabilities has been confirmed by means of the calculated R, R^2, MAPE, which are respectively equal to 0.603, 0.99 and 13.334 %. While R^2 and MAPE values have satisfactory performance, R value is quite low. This result indicates that there may be a R^2 height that does not reflect reality due to deviation from the data distribution. This determination is confirmed from the Ljung-Box (0.94>p) value.

Table 6. ARIMA model parameters

					Estimate	SE	t	Sig.
POWER-Model_1	POWER	No Transformation	AR	Lag 1	-,624	,146	-4,265	,000
			Difference		1			
			Seasonal Difference		1			
	IRRADIANCE	No Transformation	Numerator	Lag 0	,680	,149	4,553	,000
			Difference		1			
			Seasonal Difference		1			

The Model-2 based on BP-ANN forecast capabilities has been confirmed by means of the calculated R, R^2, MAPE, which are respectively equal to 0.99626, 0.9836 and 1.95%. According to the results, the model performance in terms of accuracy of the artificial neural networks method is better than the time series analysis. In addition, *Figure 8* shows the curve fit in order to predict solar power based on Model-2.

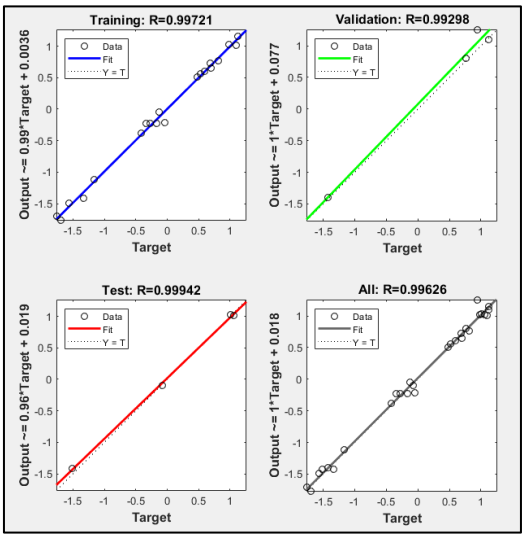


Figure 8. Model-2 curve fit

The output is 99% of target value and the R is 0.99721 in the training process. But, in testing process the output is found to be 96% of the target, with the R value of 0.99942. For validation, the output is obtained as 100% of the target value and the R value is 0.99298. Also, the overall R is obtained as 100% of the target value and the R value is 99.626 as described in *Figure 8*.

Figures 9 and *10* illustrate the performance of the examined forecasting models. As can be seen, the predicted values of power output based on Model-1 have a not good agreement with the measured values, unlike Model-2.

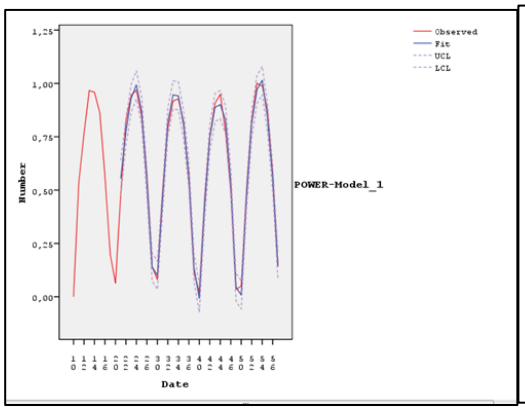


Figure 9. Model-1 Forecasting

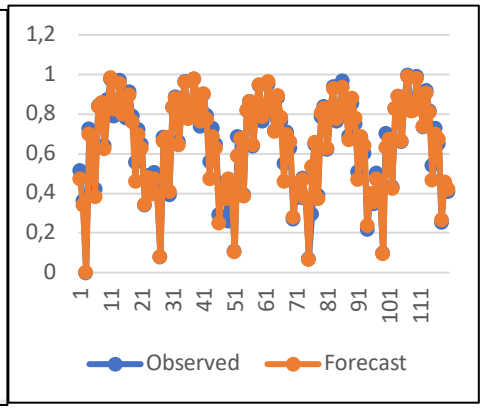


Figure 10. Model-2 Forecasting

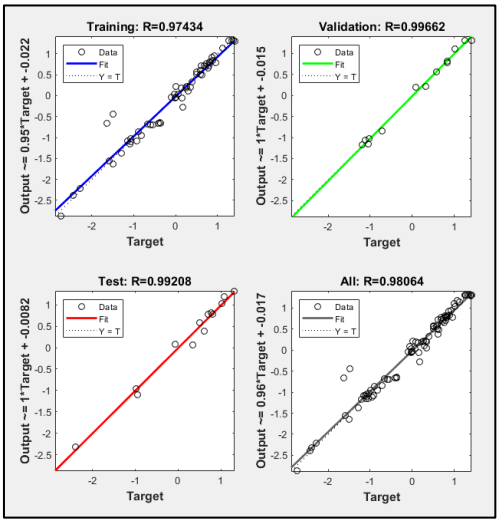


Figure 11. Model-3 curve fit

The Model-3 based on BP-ANN forecast capabilities has been confirmed by means of the calculated R, R^2, MAPE, which are respectively equal to 0.98064, 0.9779 and 2.57%. *Figure 4*.4 shows the curve fit in order to predict solar power based on Model-3. The output is 95% of target value and the R is 0.97434 in the training process. But, in testing process the output is found to be 100% of the target, with the R value of 0.99208. For validation, the output is obtained as 100% of the target value and the R value is 0.99662. Also, the overall R is obtained as 96% of the target value and the R value is 98.064 as described in *Figure 11*. The training R of this model is lower than testing and validation. It means that the data of model have been learning quite well during training. This results similar with Jumaat et al. (2018).

In addition, the calculated performance indexes of models are summarized in *Table 7*. Based on comparison of indexes, it is clear that the errors are within a reasonable range and the developed BP-ANN model is very suitable for the estimation of PV power output of the system used in this study. It is another important point that the ANN models exhibite superior predictive abilities among the compared time series analysis, as well as are shown a very high predictive power according to the MAPE criterion (<10%).

Nitisanon & Hoonchareon (2018) and Semenkina et al. (2014) were proposed ANN based models, which used to input as irradiance, the MAPE results were 5.85% and 4.39%, respectively. In this study, the accuracy results of Model-2 based on MAPE value (=1.95) is also more satisfactory.

Table 7. Performance Indexes of Models

Proposed Models	Inputs	R	R^2	MAPE %
MODEL1	Irradiance	0.603	0.3636	13.334
MODEL2	Irradiance	0.99626	0.9836	1.95
MODEL3	Irradiance, Panel Angle	0.98064	0.9779	2.57

4. Conclusion

This paper presents a forecasting approach using SARIMA and multi-layer BP neural network. One of the most significant results of this study according to stepwise regression analysis is to determine that the panel angle, which is not generally modeled as a variable in studies, is an effective variable on the forecast. Also, it is identified that solar irradiance is a major parameter to change PV power. In this paper, the performance of models was evaluated with the R, R^2 and MAPE index which shows the accuracy of the models. It is clearly observed from the results that the model performance is better in BP-ANN when compared to the SARIMA. When using the same data set and input-output structure, it is found that more consistent results are obtained with the BP-ANN method. The SARIMA model has been determined to be more sensitive against fluctuations in data. Consequently, a powerful prediction model has been developed specifically for the province of Tekirdağ that can estimate the power production depending on the change in panel angle. In this context, it is predicted that ANN can be successful for energy production estimates of movable panel systems that allow the sun rays to fall perpendicular to the panel. Besides, one of the important contributions of the study is that a highly accurate prediction model has been developed by using input variables that do not require PV system installation for experimental measurements. From this perspective, the proposed model is a helpful tool for users to make more consistent decisions in the pre-installation decision-making process. Nevertheless, due to the irregular manner of meteorological parameters such as solar radiation and wind speed, etc. based on long-term data, there may be a greater variation in all the model accuracy. While the prediction performance of ANN is sufficient for short-times with similar meteorological conditions, the performance of methods based on long-term data should be examined.

References

Abdel-Nasser, M., Mahmoud, K. (2019). Accurate photovoltaic power forecasting models using deep LSTM-RNN. Neural Computing & Applications, 31:2727–2740.

Ahmed, U.M.K., Ampatzis, M., Nguyen, H.P., Kling, L.W. (2014). Application of time-series and artificial neural network models in short term load forecasting for scheduling of storage devices. 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Cluj-Napoca, Romania. 10.1109/UPEC.2014.6934761.

Al-Ali, R.A. (2016). Internet of things role in the renewable energy resources. Energy Procedia, 100:34-38.

Arifin, F., Robbani, H., Annisa, T., Ma'Arof, N.N.M.I. (2019). Variations in the number of layers and the number of neurons in artificial neural networks: Case study of pattern recognition. J. Phys. Conf. Ser. 1413: 0–6.

Dandıl, E., Gürgen, E. (2017). Prediction of photovoltaic panel power output using artificial neural networks learned by heuristic algorithms: A comparative study. International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), Antalya, 397-402.

GEPA (2019). Solar Energy Potential Atlas, http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/, Access Date: 20.05.2020.

Hossain, M., Mekhilef, S., Danesh, M., Olatomiwa, L., Shamshirband, S. (2017). Application of extreme learning machine for short term output power forecasting of three grid-connected PV systems. Journal of Cleaner Production, 167:395-405.

Huang, C., Bensoussan, A., Edesess, M., Tsui, L.K. (2016). Improvement in artificial neural network-based estimation of grid connected photovoltaic power output. Renewable Energy, 97:838-848.

İzgi, E., Öztopal, A., Yerli, B., Kaymak, M.K., Şahin, A.D. (2012). Short–mid-term solar power prediction by using artificial neural networks. Solar Energy Volume 86, Pages 725-723.

Jumaat, A.S., Crocker, F., Wahab, A.H.M., Mohd, H., Radzi, M.H.N., Othman, F.M. (2018). Prediction of Photovoltaic (PV) output using artificial neutral network (ANN) based on ambient factors. Journal of Physics: Conference Series. 1049.

Kardakos, G.E., Alexiadis, C.M., Vagropoulos, I.S., Simoglou, K.C., Biskas, N.P., Bakirtzis, G.A. (2013). Application of time series and artificial neural network models in short-term forecasting of PV power generation. 48th International Universities' Power Engineering Conference (UPEC), Dublin, Ireland, 10.1109/UPEC.2013.6714975

Kumar, R.K., Kalavathib, K.S. (2018). Artificial intelligence based forecast models for predicting solar power generation. Materials Today: Proceedings, 5:796–802.

Lewis, C.D. (1982). Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting. London; Boston: Butterworth Scientific.

Liu, L., Liu, D., Sun, Q., Li, H., Wnnersten R. (2017). Forecasting power output of photovoltaic system using a bp network method. Energy Procedia, 142:780–786.

Mukaram, Z.M., Yusof, F. (2017). Solar radiation forecast using hybrid SARIMA and ANN model: A case study at several locations in Peninsular Malaysia. Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences Special Issue on Some Advances in Industrial and Applied Mathematics, 346-350.

Muzaffar, B. (2016). The development and validation of a scale to measure training culture: The TC scale. Journal of Culture, Society and Development, 23: 49-58.

Narayanakumar, S., Raja, K. (2016). A BP Artificial Neural Network Model for Earthquake Magnitude Prediction in Himalayas, India. Circuits and Systems, 7:3456-3468.

Netsanet, S., Zhang, J., Zheng, D., Hui, M. (2016). Input parameters selection and accuracy enhancement techniques in PV forecasting using artificial neural network. 2016 IEEE International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE), Shanghai, 565-569, doi: 10.1109/ICPRE.2016.7871139.

Nitisanon, S., Hoonchareon, N. (2018). Solar power forecast with weather classification using self-organized map. IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Chicago, IL, USA, 10.1109/PESGM.2017.8274548

Özkişi, H., Topaloğlu, M. (2017). The estimation of the photovoltaic cell productivity with the use of artificial neural network. International Journal of Informatics Technologies, 10(3):247-253.

Ramsami, P., Oree, V. (2015). A hybrid method for forecasting the energy output of photovoltaic systems. Energy Conversion and Management, 95:406-413.

Raza, Q. M., Nadarajah, M., Ekanayake, C. (2016) On recent advances in PV output power forecast. Solar Energy, 136:125-144.

Semenkina, M., Akhmedoval, S., Semenkin, E., Ryzhikov, I. (2014) Spacecraft solar arrays degradation forecasting with evolutionary designed ANN-based predictors. ICINCO-Proc. 11th Int. Conf. Informatics Control. Autom. Robot,421-428, 10.5220/0005122004210428.

Thomas, A.J., Petridis, M., Walters, S.D., Gheytassi, S.M., Morgan, R.E. (2017) Two hidden layers are usually better than one. Engineering Applications of Neural Networks, Springer International Publishing, 279-290. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65172-9_24.

Vaz, R.G.A, Elsinga, B., Van Sark, W. Brito, C. M. (2016). An artificial neural network to assess the impact of neighbouring photovoltaic systems in power forecasting in Utrecht, the Netherlands. Renewable Energy, 85:631-641.

Vagropoulos, I.S., Chouliaras, I.G., Kardakos, G.E., Simoglou, K.C., Bakirtzis, G.A. (2016). Comparison of SARIMAX, SARIMA, Modified SARIMA and ANN-based models for short-term PV generation forecasting. IEEE International Energy Conference (ENERGYCON), Leuven, Belgium, 10.1109/ENERGYCON.2016.7514029

Wang, G., Su, Y., Shu, L. (2016). One-day-ahead daily power forecasting of photovoltaic systems based on partial functional linear regression models. Renewable Energy, 96:469-478.

Yüksel Türkboyları, E. (2018). Tekirdağ koşullarında güneş kolektörlerinden elde edilen ısı enerjisi ile sera toprağının dezenfekte edilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(01):123-128.

Yüksel Türkboyları, E., Yüksel, A.N. (2021). Use of solar panel system in vermicompost (worm manure) production facilities as source of energy. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 18(1): 91-97.

jotaf Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 16/12/20
Kabul/Accepted: 17/06/21
DOI: 10.33462/jotaf.841924

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünleri Tercihlerinin Analizi

Analysis of Preferences for Milk and Milk Products of Consumers

Sait ENGİNDENİZ[1*], Turğay TAŞKIN[2], Awo Abdoulaye GBADAMONSI [3], Aysar Shihab AHMED [4] Alpha SALOUM CISSE[5], Ahmed Fathy SEIOUDY [6], Çağrı KANDEMİR[7], Nedim KOŞUM[8]

Öz

Türkiye'nin insan beslenmesinde önemli bir yer tutan süt tüketiminin gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşabilmesi için, tüketicilerin süt tüketim tercihlerini belirlemeye yönelik araştırmaların yapılması, gerek tüketici, gerekse üretici firmalar açısından önemlidir. Bu bağlamda anılan çalışmaların il bazında ele alınarak değerlendirilmesi daha bilinçli tüketicilerin oluşmasında yardımcı olacaktır. Bu tür çalışmalar gelecek kuşakların sağlıklı olmasına da katkıda bulunacaktır. Bu araştırmada; İzmir' in Bornova ilçesinde süt ve süt ürünlerinin tüketim yapısı analiz edilmiş ve etkili olan sosyo-ekonomik faktörler incelenmiştir. Bir başka deyişle bu bir durum tespitine yönelik çalışma olmuştur. Bu araştırmanın amacı, İzmir'in Bornova ilçesinin kentsel kesiminde yaşayan hane halklarının süt ve süt ürünleri tüketim yapısı ile tercihlerini analiz etmektir. Araştırmada oransal örnek hacmi formülünden yararlanarak Bornova ilçe merkezinde yaşayan 271 hane halkı üyesinden anket yöntemiyle veriler elde edilmiş ve derlenmiştir. Toplanan verilerin analizinde, öncelikle hane halklarının demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri ortaya konulmuş, daha sonra süt ve süt ürünleri satın alma ve tüketim davranışları analiz edilmiştir. Bu aşamada basit aritmetik ortalama ve yüzde hesaplamalarından yararlanılmıştır. Süt ve süt ürünlerine ilişkin görüş ve tutumların değerlendirilmesinde beşli likert ölçeği kullanılmıştır. Hane halkı üyelerinin; %66.42'si kadındır, %47.97'si lise mezunudur, %70.85'i evlidir, %57.20'si ise halen bir işte çalışmaktadır. Görüşülen hane halkı üyelerinin %93.36'sı süt, %93.36'sı yoğurt, %95.21'i de peynir tükettiğini belirtmiştir. Kişi başına yıllık süt tüketimi 37.43 lt, kişi başına yıllık yoğurt tüketimi 32.84 kg, kişi başına yıllık peynir tüketimi ise 18.48 kg olarak saptanmıştır. Hayvansal protein tüketimini özendirmek, hijyenik koşullarda üretilmiş süt ve ürünlerinin tüketime sunulmasını sağlamak amacıyla toplumun bilgilendirilme ve bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar (afiş, broşür, belgesel ve spot filmler vb.) yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Süt, Süt ürünleri, Tüketim analizi, Tüketici tercihleri, Tüketici tutumları

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Sait ENGİNDENİZ, Prof. Dr. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir E-mail: sait.engindeniz@ege.edu.tr OrcID: 0000-0002-7371-3330

[2] Turğay TAŞKIN, Prof. Dr. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: turgay.taskin@ege.edu.tr OrcID: 0000-0001-8528-9760.

[3] Awo Abdoulaye GBADAMONSI, Yük. Lis. Öğr. Ege Üniv, Ziraat Fak, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: awoalamou@gmail.com OrcID: 0000-0002-8611-4273.

[4] Aysar Shihab AHMED, Dok. Öğr. Ege Üniv., Ziraat Fak, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: aysarshihab87@gmail.com OrcID: 0000-0003-2990-6570

[5] Alpha SALOUM CISSE, Dok. Öğr. Ege Üniv., Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: alsacialsaci@gmail.com OrcID: 0000-0002-2944-9560

[6]Ahmed Fathy SEIOUDY, Dok. Öğr. Ege Üniv., Ziraat Fak., Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: ahmedseioudy@gmail.com OrcID: 0000-0001-6627-0781

[7] Çağrı KANDEMİR, Dr. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: cagri.kandemir@ege.edu.tr OrcID: 0000-0001-7378-6962

[8] Nedim KOŞUM, Prof. Dr. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir. E-mail: nedim.kosum@ege.edu.tr OrcID: 0000-0002-8253-5337

Atıf/Citation: Engindeniz S, Taşkın T, Gbadamonsı A. A., Ahmed A.S., Saloum Cısse A., Seıoudy A. F., Kandemir C.,Koşum N. . Tüketicilerin Süt ve Süt Ürünleri Tercihlerinin Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 470-481.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Turkey's consumers to reach the level of developed countries consumption of milk holds an important place in human nutrition milk consumption is conducting research to determine their preferences, consumers need is an important content of both producers. In this context, evaluating the aforementioned studies on the basis of provinces will provide more conscious consumers. Thus, it will contribute to the health of future generations. In this study; The consumption structure of milk and dairy products in İzmir's Bornova district was analyzed and the influential socio-economic factors were examined. In other words, this is a case study. Bir başka deyişle bu bir durum tespitine yönelik çalışmadır. This study aims to analyze milk and milk products consumption patterns and preferences of households living in the urban part of Bornova district of Izmir. In the study, data was collected by survey method from 271 household members living in Bornova district center using the proportional sample size formula. In the analysis of the collected data, firstly, demographic and socio-economic characteristics of the households were revealed, and then the buying and consumption behaviors of milk and milk products were analyzed. At this stage, simple arithmetic means and percentage calculations were used. A five-point Likert scale was used to evaluate opinions and attitudes regarding milk and milk products. According to the results of this study, 66.42% of household members are women, 47.97% of them are high school graduates, 70.85% of they are married, and 57.20% of them are still working in a job. 93.36%, 93.36% and 95.21% of the household members interviewed stated that they consumed milk, yogurt and cheese, respectively. Annual milk consumption per capita was 37.43 lt, annual yogurt consumption per capita was 32.84 kg, and annual cheese consumption per capita was 18.48 kg. In order to encourage animal protein consumption and to ensure that milk and milk products produced under hygienic conditions are presented for consumption, activities for informing and raising awareness of the society (posters, brochures, documentaries and spot films etc.) should be prepared.

Keywords: Milk, Milk products, Consumption analysis, Consumer preferences, Consumer attitudes

1. Giriş

Toplumlarda dengeli ve doğru beslenme, insanların gerek sağlıklarının korunması ve gerekse yaşamın devamlılığı için önemli bir rol oynamaktadır (MacDonald ve ark., 2011; Kayışçıoğlu ve İçöz, 2012; Örmeci Kart ve Demircan, 2014). Bu da ancak vücudun günlük ihtiyacı olan besin maddelerinin uygun miktarlarda alınmasıyla olasıdır. Anılan günlük besin maddeleri içinde önemli bir yeri olan süt ve süt ürünleri protein, kalsiyum, fosfor, B2 vitamini ve B12 vitamini olmak üzere birçok besin maddesi açısından bir gıda kaynağıdır (Ünal ve Besler, 2008). Hayvansal protein kaynaklarından biri olan süt ve süt ürünlerinde tüketim bakımında birçok ülke arasında farklılıklar söz konusudur (USK, 2019). Örneğin Avustralya, Norveç, İsveç, Fransa, Almanya gibi ülkelerde kişi başı yıllık süt tüketimi 300 kg, ABD'de ise 200 kg'ın üzerindedir. Bu değer Türkiye'de 41.5 kg/yıl olmakla birlikte, bunun daha fazla olduğu tahmin edilmektedir (Demir ve ark., 2018; ZMO, 2019).

Önemli bir besin kaynağı olan süt, makro ve mikro birçok besin maddesini içerdiği için tüketiminin teşvik edilmesi sağlık uzmanları tarafından da önerilmektedir (Christopher ve Nordin 1997; TBSA, 2010; Meneses ve ark., 2012; Wetman, 2017). Süt proteinlerinin büyüme ve gelişmedeki önemi, kalsiyum emilimi ve bağışıklık üzerine olumlu etkilerinin olduğu, kanser riski ve kan basıncını azalttığı, vücut ağırlığını koruma yönünde etkili olduğu ve diş çürüklerine karşı koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Black ve ark., 2002; Pereira ve ark., 2018). Süt ve süt ürünleri tüketimi, kalsiyumdan zengin olmaları nedeniyle, özellikle çocuk ve ergenlik döneminde olan çocuklarda kemik ve dişlerinin sağlıklı gelişmesi (Hasipek ve Kaleli, 2002; Mazıcıoğlu ve Öztürk, 2003; Karagözlü ve ark., 2005), yetişkinlerde ise kalp-damar hastalıkları, inme, yüksek tansiyon, Tip II diyabet, osteoporoz, kolon kanserinden korunmasının yanı sıra vücut gelişiminde de önemli bir rol oynamaktadır (TÜBER, 2015).

Türkiye'de farklı illerdeki tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketimleri ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda bireylerin süt ve süt ürünlerine yönelik tercihleri ve tüketim miktarları konusunda bazı bulgular elde edilmiştir (Demirci ve ark., 1998; Andiç ve ark., 2002; Selçuk ve ark., 2003; Şimşek ve ark., 2005; Çelik ve ark., 2005; Malatacık, 2006; Akbay ve Tiryaki, 2007; Cevger ve ark., 2008; Özel, 2008; Demircan ve ark., 2011; Erdal ve Tokgöz, 2011; Yayar, 2012; Şeker ve ark., 2012; Gözener ve Sayılı, 2013; Gündüz ve ark., 2013; Karakaya ve Akbay, 2014; Terin, 2014; Terin ve ark., 2015; Onurlubaş ve Çakırlar, 2016; Yazıcı, 2016; Niyaz ve İnan, 2016; Karakaya ve Kızıloğlu, 2018; Çebi ve ark., 2018; Dal ve ark., 2018; Para ve ark., 2018; Özyürek ve ark., 2019; Özbey, 2019).

Türkiye'nin insan beslenmesinde önemli bir yer tutan süt tüketiminin gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşabilmesi için, tüketicilerin süt tüketim tercihlerini belirlemeye yönelik araştırmaların yapılması, gerek tüketici, gerekse üretici firmalar açısından önemlidir. Bu bağlamda, anılan çalışmaların il bazında ele alınarak yapılması ve çalışma sonuçlarının karar alıcılar tarafından değerlendirilmesiyle, politika ve stratejiler oluşturulabileceği ve daha bilinçli tüketicilerin oluşması sağlanacağı gibi, gelecek kuşakların sağlıklı olmasına da katkıda bulunulacaktır. Bu araştırmada; İzmir'in Bornova ilçesinde süt ve süt ürünlerinin tüketim yapısı analiz edilmiş ve etkili olan sosyo-ekonomik faktörler incelenmiştir. Bir başka deyişle bu bir durum tespitine yönelik çalışmadır. Araştırmada, küçük bir saha çalışması olması nedeniyle tüketicilerin süt ve süt ürünleri konusundaki tercihleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Son olarak da konuyla ilgili bazı teknik ve ekonomik öneriler verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu araştırmanın ana materyalini, İzmir'in Bornova ilçesinde hane halklarıyla yüz yüze yapılan anket çalışmalarından elde edilen veriler oluşturmaktadır. Ayrıca konuyla ilgili olarak daha önce yapılan araştırmaların sonuçlarından da yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

TÜİK, 2018 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarına göre İzmir'in Bornova ilçesinde toplam nüfus 445.232 kişi, toplam hane sayısı ise 134.404 olarak bildirilmektedir (TÜİK, 2019). Bu araştırmanın ana kitlesini ilçedeki toplam hane sayısı oluşturmakta ve örnekleme yöntemiyle bir kısmı ile görüşülmesinin uygun olacağına karar verilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki oransal örnek hacmi eşitlik (1) den yararlanılmıştır (Newbold, 1995).

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

Formülde;
n = Örnek hacmi
N = Toplam hane sayısı
p = Süt ve ürünleri tüketen hanelerin oranı (Maksimum örnek hacmi için 0.5 alınmıştır)
σ^2px = Varyansıdır.

Araştırmada % 90 güven aralığı le % 5 hata payı esas alınarak hesaplama yapılmış ve kapsama alınacak hane halkı sayısı 271 olarak saptanmıştır. Görüşülecek hane halklarının belirlenmesinde öncelikle mahalle ve sokak sayıları dikkate alınmıştır (Arslan ve ark., 2016; Özçıngırak ve Engindeniz, 2019). Bornova'da 44 mahalle bulunmaktadır. Araştırmada, her mahallenin üç sokağında beşer anket yapılması planlanmıştır. Bu yaklaşımla 18 mahalle rassal olarak belirlenmiştir. Araştırma anketleri, 2020 yılının Ocak-Şubat aylarında yapılmıştır.

Derlenen verilerin analizinde, öncelikle hane halklarının demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri ortaya konulmuş, daha sonra süt ve ürünleri tüketim ve satın alma davranışları analiz edilmiştir. Araştırmada basit aritmetik ortalama ve yüzde hesaplamalarından yararlanılmıştır. Süt ve süt ürünlerine ilişkin görüş ve tutumların değerlendirilmesinde beşli likert ölçeği kullanılmıştır (Bilgin, 1995). Elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde düzenlenerek yorumlanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Hane halklarının demografik ve sosyo-ekonomik özelliklerine yönelik bilgiler *Tablo 1*'de verilmiştir. Görüşülen hane halkı üyelerinin %66.42'si kadın, %33.58'i ise erkektir. Yaşları ise 17-69 arasında değişmektedir. %29.52'si 17-36, %46.13'ü ise 37-56 yaşları arasındadır.

Hane halkı üyelerinin %47.97'si lise mezunu, %27.31'i ise üniversite mezunu durumdadır. Hane halkı üyelerinin %70.85'i evli, %29.15'i ise bekardır. Hane halkı üyelerinin %57.20'si halen bir işte çalışmaktadır. Çalışan hane halkı üyelerinin %45.02'si özel sektörde, %40.59'u ise kamu sektöründedir. %14.39'unun ise kendine ait bir işyeri vardır. Hane halklarındaki birey sayısı 1-8 kişi arasında değişirken, %64.21'i kendisine ait bir konutta ikamet etmektedir. Ortalama aylık gelir 1700-15000 TL arasında değişmekle birlikte hane halklarının %47.23'ünün 4001-6000 TL arasında bir aylık gelire sahip olduğu saptanmıştır. Hanelerin %59.41'inde gıda harcamaları içinde süt ve süt ürünleri harcamasının payı %20'nin altındadır. Hanelerin ancak %25.09'unda kronik bir rahatsızlığı olan birey bulunmaktadır.

Araştırma sonuçlarına göre, görüşülen hane halkı üyelerinin %93.36'sı süt, %93.36'sı yoğurt, %95.21'i de peynir tükettiğini belirtmiştir. Kişi başına yıllık süt tüketimi 37.43 lt, yoğurt tüketimi 32.84 kg, peynir tüketimi ise 18.48 kg olarak hesaplanmıştır. Bu veriler Ulusal Süt Konseyi verilerine de yakındır. Ulusal Süt Konseyinin (USK) 2018 yılı verilerine göre, Türkiye'de kişi başına yıllık ortalama süt tüketim miktarı 41.5 lt, kişi başına yıllık ortalama yoğurt tüketim miktarı 30.6 kg, kişi başına yıllık ortalama peynir tüketim miktarı ise 18.4 kg olarak bildirilmektedir (USK, 2019). Yine İzmir'de yapılan bir araştırmada, hane halklarının yıllık kişi başı çiğ süt tüketimi 40.74 lt, yıllık kişi başı ambalajlı süt tüketimi ise 32.62 lt olarak saptanmıştır (Arslan ve ark., 2020).

Çalışmada, süt tüketim özelliklerine ait bilgiler *Tablo 2*'de verilmiştir. Süt tüketim sıklığının önemli bir kısmını haftada bir kaç gün (%40.59) ve her gün (%25.09) oranı oluşturmaktadır. Bu iki seçeneğin toplam oranı %65 den fazla iken hiç süt tüketmeyenlerin oranı ise %6.64 tür. Süt tüketimini sevmeyenlerin oranı %4.43 iken, toplam sevenlerin oranı (çok ve az severim) %75'dir. Çalışmada, süt içme alışkanlığının önemli bir kısmı 10 yıl ve üstündedir (%67.90). Gün içinde süt içme zamanı çoğunlukla sabah (%43.48) olarak belirlenmiştir. Süt içmemenin en önemli nedenleri arasında sırasıyla; alerjik rahatsızlık (% 33.33), tat (% 27.77) ve kokusu (%22.22) gelmiştir. Ankete katılan hane halkı üyeleri, sütü daha çok tam yağlı (%44.27) tükettiklerini, tüketim sıcaklığını %33.60 ile ılık tercih ettiklerini ve daha çok sade (%32.02) tükettiklerini belirtmişlerdir. Süt tüketiminde tür olarak daha çok inek sütünü (%81.18) tercih ettikleri saptanmıştır. Pastörize süt tüketenlerinin oranı da %62.45 ile en yüksek değere sahiptir. Süt tüketim miktarı hane başına aylık 10.45 lt, kişi başına yıllık 37.43 lt olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hane halklarının demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri

Table 1. Demographic and socio-economic characteristics of households

Özellikler		**Sayı**	**%**
	Erkek	180	66.42
Cinsiyet	Kadın	91	33.58
	17-36	80	29.52
Yaş	37-56	125	46.13
	>57	66	24.35
Eğitim düzeyi	İlköğretim	67	24.72
	Lise	130	47.97
	Yükseköğrenim	74	27.31
Medeni durumu	Evli	192	70.85
	Bekar	79	29.15
Çalışma durumu	Çalışıyor	155	57.20
	Çalışmıyor	116	42.80
Çalışma alanı	Kamu	110	40.59
	Özel	122	45.02
	Kendi işi	39	14.39
Konut özellikleri	Kendisine ait	174	64.21
	Kiracı	88	32.47
	Diğer	9	3.32
Hanedeki birey sayısı	1-4	189	69.74
	>4	82	30.26
Hane aylık geliri (TL)	≤4000	102	37.64
	4001-6000	128	47.23
	>6001	41	15.13
Hanede aylık süt ve süt ürünleri	≤10	48	17.71
harcamasının gıda harcamaları	11-20	113	41.70
içindeki oranı (%)	21-30	94	34.69
	>31	16	5.90
Hanede kronik hastalık durumu	Var	68	25.09
	Yok	203	74.91

Kafkas Üniversitesi öğrencileri arasında yapılan çalışmada %67'sinin hiç süt tüketmediği ortaya çıkmıştır. Araştırma sonucuna göre öğrencilerin %33'nün her gün süt içtiği belirlenmiştir (Şimşek ve ark., 2005). Yine üniversite öğrencileri üzerine yapılan bir çalışmada, öğrencilerin %71.33'ü düzenli olarak süt tüketmediklerini, %28.67'si ise düzenli olarak süt tükettiklerini belirtmişlerdir (Uzunöz ve Gülşen, 2007).

Süt ürünlerinin tüketim özelliklerine ait bilgiler *Tablo 3*' de verilmiştir. Ankete katılan hane halkı üyeleri, fermente süt ürünleri içinde günlük en çok peynir (%50.55) ve pastörize yoğurt (%21.77) tüketirken, gün aşırı olarak en çok süzme yoğurdu (%40.96), daha sonra sırasıyla pastörize yoğurt (%35.42) ve peynir (%28.41) tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Yapılan hesaplamalara göre kişi başına yıllık yoğurt tüketimi 32.84 kg, kişi başına yıllık peynir tüketimi ise 18.48 kg olarak saptanmıştır. Diğer süt ürünleri günlük tüketimin önemli bir kısmını lor (%9.96) ve kremalı pasta-tatlılar (%8.12) oluşturmaktadır. Gün aşırı tüketim durumunda kremalı pasta-tatlılar (%16.97) ile dondurma (%14.76) ilk sıraları almıştır. Kremalı pasta ve tatlıların tüketim sıklığının gün aşırı ve diğer zamanlarda sırasıyla; %16.97 ile %23.62 oranlarında olduğu görülmektedir. Diğer süt ürünleri içinde en düşük tüketim oranını %5.54 ile günlük dondurma oluşturmaktadır. Uzunöz ve Gülşen (2007) üniversite öğrencilerinin %69'unun taze peynir ve %31'inin ise olgunlaşmış peyniri tercih ettiklerini saptamıştır.

Tablo 2. Hane halklarının süt tüketim özellikleri

Table 2. Milk consumption characteristics of households

Süt tüketim özellikleri		Sayı	%	Süt tüketim özellikleri		Sayı	%
	Her gün	68	25.09		Besleyici olması	122	48.22
	Haftada birkaç	110	40.59		Alışkanlık	37	14.62
Süt tüketim	***gün***	41	15.13	Süt tüketme	Sağlık (ilaç) nedeniyle	21	8.30
sıklığı	***Ayda birkaç gün***	34	12.55	nedeni	Lezzetli bulmam	51	20.16
	Çok Nadir	18	6.64		Büyüklerin zorlaması	13	5.14
	Hiç				Diğer	9	3.56
Süt tüketim	***Aylık hane başına***	10.45	-	Sütün yağlı	Tam yağlı	112	44.27
miktarı (lt)	***Yıllık kişi başına***	37.43	-	olup	Yarım yağlı	98	38.74
				olmamasına	Yağsız	12	4.74
				göre tüketim	Fark etmez	27	10.67
				tercihi	Diğer	4	1.58
	Çok severim	78	28.78				
Süt tüketimini	***Severim***	128	47.23	Açık-kapalı	Açık süt/sokak sütü	41	16.21
sevme durumu	***Az severim***	47	17.34	olarak süt	Pastörize/sterilize	158	62.45
	Sevmem	12	4.43	tüketim	Fark etmez	48	18.97
	Kesinlikle içmem	6	2.22	durumu	Diğer	6	2.37
	0-1	27	9.96		Sıcak	64	25.30
Süt içme	***2-3***	25	9.22	Sütün	Soğuk	83	32.81
alışkanlığı (yıl)	***4-6***	19	7.01	tüketilme	Ilık	85	33.60
	7-9	16	5.91	sıcaklığı	Fark etmez	18	7.11
	10 ve üstü	184	67.90		Diğer	3	1.18
					Sade	81	32.02
					Kakaolu	56	22.14
	Sabah	110	43.48		Şekerli	22	8.70
Gün içinde süt	***Öğle***	43	16.99	Süt tüketme	Meyveli	14	5.53
tüketim zamanı	***Akşam***	98	38.74	tercihi	Şekersiz	12	4.74
	Diğer	2	0.79		Kahveli	33	13.04
					Tatlılar içinde	17	6.72
					Fark etmez	14	5.53
					Diğer	4	1.58
	Kokusu	4	22.22				
	Tadı	5	27.77		İnek	220	81.18
Süt tüketmeme	***Alerjik rahatsızlık***	6	33.33		Keçi	2	0.74
nedeni	***Bulantı-kusma-***	1	5.56	Tüketilen süt	Koyun	5	1.85
	ishal	1	5.56	türü	Fark etmez	25	9.22
	Sütle ilgili kötü anı	1	5.56		Diğer	1	0.37
	Diğer				Hiçbiri	18	6.64

Araştırmada aylık süt ve süt ürünleri harcamasının gıda harcamaları içindeki oranının hanelerin %59.41'inde %20'nin altında olduğu saptanmıştır. Van ilinin merkezinde yapılan bir araştırmada hane halklarının aylık gelirlerinin %8.63'ünü süt ve süt ürünleri harcamasına ayırdığı, ayrıca süt ve süt ürünleri harcamasının toplam gıda harcamaları içindeki payının ise %21.45 olduğu belirlenmiştir (Andiç ve ark. 2002). İstanbul'da yapılan bir araştırmada ise bu oranlar; %4.19 ve %18.60 olarak saptanmıştır (Karakaya ve Akbay, 2013). Süt ve süt ürünlerini satın alma özellikleri *Tablo 4*' de yer almaktadır. Hane hakları süt ve süt ürünlerini %80.07 oranında marketlerden satın alırken, satın alma yerinde en düşük payı %2.58 ile bakkallar oluşturmuştur. Marketleri %6.28 ile hayvancılık işletmelerinden satın alma seçeneği izlemiştir. Satın alma sıklığı incelendiğinde, ilk iki sırayı sırasıyla; %41.70 ile gün aşırı ve %21.40 ile her gün seçeneği almıştır. Hane halkı üyeleri süt ve süt ürünlerinin fiyatını değerlendirdiğinde %44.65'i yüksek, %26.20'si çok yüksek bulurken, %8.12'si ise düşük bulduğunu ifade etmiştir. Sağlığa uygun ve kaliteli bir süt için ödenebilecek fiyat farkı sorulduğunda ise %53.87'si 0.5-1 TL/lt arasında fiyat farkını kabul edebileceğini belirtmiştir.

Tablo 3. Hane halklarının süt ürünleri tüketim özellikleri

Table 3. Milk products consumption characteristics of households

Süt ürünleri			Tüketim sıklığı					
			Her gün	Gün aşırı	Haftada bir	15 günde bir	Ayda bir	Hiç tüketilmez
Fermente süt ürünleri	*Ayran*	Sayı	56	96	84	22	9	4
		%	20.66	35.42	31.00	8.12	3.32	1.48
	Pastörize yoğurt	Sayı	59	111	61	16	6	18
		%	21.77	40.96	22.51	5.91	2.21	6.64
	Süzme yoğurt	Sayı	18	58	52	49	53	41
		%	6.64	21.40	19.19	18.08	19.56	15.13
	Probiyotik yoğurt	Sayı	10	23	27	41	57	113
		%	3.69	8.49	9.96	15.13	21.03	41.70
	Meyveli yoğurt	Sayı	3	31	28	35	48	126
		%	1.11	11.44	10.33	12.91	17.71	46.50
	Kefir/kımız	Sayı	7	20	28	39	45	132
		%	2.58	7.38	10.33	14.39	16.61	48.71
	Peynir	Sayı	137	77	25	10	9	13
		%	50.55	28.41	9.23	3.69	3.32	4.80
	Lor/çökelek	Sayı	27	35	40	48	58	63
		%	9.96	12.92	14.76	17.71	21.40	23.25
Diğer süt ürünleri	*Sütlaç/puding, muhallebi vb.*	Sayı	19	32	58	61	68	33
		%	7.01	11.81	21.40	22.51	25.09	12.18
	Dondurma	Sayı	15	40	41	65	85	25
		%	5.54	14.76	15.13	23.99	31.36	9.22
	Kremalı pasta vb. tatlılar	Sayı	22	46	59	54	64	26
		%	8.12	16.97	21.77	19.93	23.62	9.59

Tablo 4. Hane halklarının süt ve süt ürünleri satın alma özellikleri

Table 4. Milk and milk products purchasing characteristics of households

Satın alma özellikleri		Sayı	%
Süt ve süt ürünlerini satın alma yeri	Market	217	80.07
	Bakkal	7	2.58
	Şarküteri	8	2.95
	Sokak sütçüsü	14	5.17
	Hayvancılık işletmesi	17	6.28
	Diğer	8	2.95
Satın alma sıklığı	Her gün	58	21.40
	Gün aşırı	113	41.70
	Haftada bir	54	19.93
	15 günde bir	34	12.54
	Ayda bir	12	4.43
Süt ve süt ürünleri fiyatını değerlendirme	Çok yüksek	71	26.20
	Yüksek	121	44.65
	Uygun	49	18.08
	Düşük	22	8.12
	Çok Düşük	8	2.95
Sağlığa uygun ve kaliteli bir süt için ödenebilecek fiyat farkı	0.50-1 TL/lt	146	53.87
	1-2 TL/lt	52	19.19
	2-4 TL/lt	39	14.39
	4 TL/lt'den fazla	34	12.55

Ayar ve Nizamlıoğlu (2002) çalışmalarında katılımcıların süt ve ürünlerini alırken %37'sinin kaliteye, %26'sının tazeliğe, %16'sının fiyatına ve %12'sinin de markasına dikkat ettikleri yönündedir. Yılmaz ve Demirci (2001) ise üniversite öğrencilerinin %2.5'inin markayı esas aldıklarını ve Şimşek ve ark. (2005) ise devamlı aynı markayı alırım diyenlerin %46 ve marka değiştiririm diyenlerin ise %54 olduğunu bildirilmişlerdir.

Araştırmacıların sonuçlarının çalışmamız sonuçları ile benzer olduğunu söyleyebiliriz. Süt ve süt ürünleri tüketim miktarları diğer araştırma sonuçları ile karşılaştırıldığında, örneğin kişi başına yıllık süt tüketim miktarı; Çelik ve ark (2005) tarafından Şanlıurfa'da yapılan bir araştırmada 39.5 lt, Kahramanmaraş ilinde gerçekleştirilen bir araştırmada ise 37.57 lt (Akbay ve Tiryaki, 2007) olarak belirlenmiştir. Isparta'da yapılan bir araştırmada kişi başına yıllık 6.8 lt açık süt ve 24.47 lt ambalajlı süt tüketildiği (Demircan ve ark., 2011) belirlenmiştir. Erzincan ilinde yapılan bir araştırmada ise 59.52 lt olarak tespit edilmiştir (Erdal ve Tokgöz, 2011). Gözener ve Sayılı (2013) Tokat'ta yaptıkları bir araştırmada aylık kişi başı ambalajlı süt tüketim miktarını 3.65 lt, açık süt tüketim miktarını ise 5.76 lt olarak bildirmiştir. Karakaya ve Akbay (2014) tarafından İstanbul'da yapılan araştırma sonuçlarına göre, ailelerin %26.5'inin açık süt, %26.2'sinin pastörize süt ve %87.7'sinin ise sterilize süt tükettiği tespit edilmiştir. Bu sonuçların bir kısmı bu araştırmanın sonuçlarıyla da uyumludur. Bu araştırmada süt tüketmeyenlerin oranı %6.64 iken bu değer yukarıda adı geçen çalışmalarda farklılık gösterebilmekte ve %18'lerin üzerine de çıkabilmektedir. Bunun nedeni, yaş, eğitim ve gelir düzeyi ile kronik hastalık ya da sağlık sorunları olabilmektedir (Karakaya ve Akbay, 2013).

Araştırmada, tüketicilerin süt ve süt ürünlerine yönelik ifadelere katılma düzeyine ait bulgular *Tablo 5*'de verilmiştir. Süt ve süt ürünlerinin tadını beğeniyorum ifadesine verilen ortalama yanıt 4.24 ile en yüksek değerdir. Bunu sırasıyla; antibiyotik kalıntı madde düzeyi (3.38) ile üretim sırasındaki işlemlerdeki endişe (3.14) izlemektedir. En düşük değer, 2.27 ile süt ve süt ürünlerinin kolesterol içeriğine verilen yanıt olmuştur. Süt ve süt ürünlerine yönelik verilen yanıtlarda tadın beğenilmesi diğer ifadelere göre oransal olarak daha yüksek değerler (Katılıyorum:%35.42 ve Kesinlikle katılıyorum: %49.82 gibi) almıştır.

Tablo 5. Hane halkı üyelerinin süt ve süt ürünlerine yönelik ifadelere katılma düzeyi

Table 5. Household members' participation level in statements related to milk and milk products

İfadeler		**Katılma durumu ***					**Ortalama**
		1	2	3	4	5	
Süt ve süt ürünlerinin tadını	Sayı	8	14	18	96	135	4.24
beğeniyorum.	%	2.95	5.17	6.64	35.42	49.82	
Süt ve süt ürünlerinin yağı beni endişelendiriyor.	Sayı	74	90	64	33	10	2.32
	%	27.31	33.21	23.61	12.18	3.69	
Süt ve süt ürünlerinin şeker içeriği beni endişelendiriyor.	Sayı	80	88	47	40	16	2.35
	%	29.52	32.47	17.34	14.76	5.91	
Süt ve süt ürünlerinin kolesterol içeriği beni endişelendiriyor.	Sayı	95	79	42	40	15	2.27
	%	35.06	29.15	15.50	14.76	5.53	
Süt ve süt ürünleri üretimi sırasındaki işlemler beni endişelendiriyor.	Sayı	51	34	54	90	42	3.14
	%	18.82	12.55	19.92	33.21	15.50	
Süt ve süt ürünlerindeki antibiyotik/kalıntı madde düzeyi beni endişelendiriyor.	Sayı	37	41	48	71	74	3.38
	%	13.65	15.13	17.71	26.20	27.31	

*1:Kesinlikle katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3. Karasız, 4. Katılıyorum, 5. Kesinlikle katılıyorum

Araştırma sonuçlarına göre süt ürünleri tüketiminde sığır sütünün daha fazla bir pay aldığı belirlenmiştir. Ocak ve Önder (2014) yaptıkları araştırmada benzer olarak en fazla sığır türüne ait süt ürünlerinin tüketildiğini belirlemişlerdir. Bu şekildeki süt ve süt ürünlerinin hayvan türüne ait tüketim dağılımı TÜİK verileri ile de örtüşmektedir. Araştırmada hanelerde daha çok pastörize yoğurt tüketildiği saptanmıştır. Ayrıca eğitim durumu tüketilen peynir türü üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin koyun peynirinin gelir ve eğitim düzeyine bağlı olarak tüketim düzeyi de değişebilmektedir. Benzer durum keçi sütü ve ürünleri için de geçerlidir. Nitekim keçi sütü ve ürünleri tüketimi için bulunan sonuçlar Savran ve ark. (2011) ve Engindeniz ve ark. (2017)'nın bildirişlerinin

altındadır. Bunun nedeninin, illerdeki hayvansal üretim tercihlerindeki farklılığın doğal bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Yıllık ortalama yoğurt tüketimi; İstanbul'da 31.96 kg (Karakaya ve Akbay, 2013), Van'da ise 27.66 kg (Andiç ve ark., 2002) olarak saptanmıştır. Yıllık ortalama peynir tüketimi ise; İstanbul'da 14.65 kg (Karakaya ve Akbay, 2013), Van'da ise 17.63 kg (Andiç ve ark., 2002) olarak belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre hane halkı üyeleri süt ve süt ürünlerini daha çok marketten ve gün aşırı satın almaktadır. Günümüz tüketicilerinin gıda alışverişlerinde çoğunlukla marketleri kullandıkları görülmektedir (Öncül ve ark., 2019). Şanlıurfa'da yapılan araştırmada sütün satın alınmasında marketin tercih edilme oranının %61.4 olduğu belirlenmiştir (Çelik ve ark., 2005). Ocak ve Önder (2014) tarafından Doğu Akdeniz'de yapılan bir araştırmada ise inek sütünün (% 88.7) ve yoğurdunun (% 90.8) çoğunlukla marketlerden satın alındığı saptanmıştır.

4. Sonuç

İzmir'in Bornova ilçesinin ekonomik yapısı, tarım ve hayvancılığa dayalı olmadığı için süt endüstrisinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması ve teknolojik gelişmelerin yakından takip edilmesi bölge açısından önemli olacaktır. Bu yapılırken yerel yönetimlerce kayıt dışı olan sokak sütü satışının kontrol altına alınmasının sağlanması ve hijyenik koşullarda üretilmiş süt ve süt ürünlerinin arzını sağlayacak denetleme mekanizmasının kurulması gerekmektedir. Tüketicilerde açık sütün sağlıklı olduğuna ve ambalajlı sütlerde katkı maddesi olduğuna inanma gibi bazı doğru kabul ettikleri yanlış düşüncelerin değişmesi açısından, denetimler uzman kişilerce ve düzenli olarak yapılmalıdır. Hayvansal ürün talebini etkileyen faktörlerden biri de halk sağlığı riskleridir. Bu nedenle süt ve ürünlerinde de kalite standartları belirlenmeli, ürün kalitesi arttırılmalı ve gıda güvenilirliği sağlanmalıdır. Sonuç olarak; Türkiye'de bölgesel düzeyde beslenme alışkanlıkları ve tüketici tercihleri araştırmalarla saptanmalı, her bölgedeki tercihler dikkate alınarak ürün çeşitliliği ve farklı sunum şekilleri oluşturulmalıdır. Hayvansal protein tüketimini özendirmek, sağlıklı koşullarda üretilmiş sütü ve ürünlerinin tüketime sunulmasını sağlamak amacıyla toplumun bilgilendirilme ve bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar (afiş, broşür, belgesel ve spot filmler vb.) yapılmalıdır. Yapılacak çalışmalarda tüketicilerin kapalı süt ve ürünlerini tercih etmeleri konusu üzerinde önemle durulmalıdır.

Kaynakça

Akbay, C., Tiryaki, G.Y. (2007). Tüketicilerin ambalajlı ve açık süt tüketim alışkanlıklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi: Kahramanmaraş örneği. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 10(1):89-96.

Andiç S., Şahin, K., Koç, S. (2002). Van merkez ılçe kentsel alanda süt tüketimi, Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12(2):33-38.

Arslan, Ö., Sevim, A., Güler, D., Saner, G. (2020). İzmir İlinde Tüketicilerin Çiğ Süt Satın Alma Kararlarını Etkileyen Faktörlerin Analizi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi., 51 (3): 279-287.

Arslan, H, Engindeniz, S., Çınar, G. (2016). İzmir ili kentsel kesiminde odun dışı bitkisel orman ürünleri tüketiminin analizi üzerine bir araştırma, E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 53(3):251-257.

Ayar, A, Nizamoğlu, M. (2002). Süt ve süt ürünlerinin tüketimi üzerine bazı sosyal faktörler ve tüketici özelliklerin etkisi. Gıda Yem Bil Teknol Derg,1(1):25-31.

Bilgin, N. (1995). Sosyal Psikolojide Yöntem ve Pratik Çalışmalar, Sistem Yayıncılık, Ankara.

Black, R.E., Williams, S.M, Jones, I.E., Goulding, A. (2002). Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. American Journal of Clinical Nutrition. 76: 675-80.

Çebi, K., Özyürek, S., Türkyılmaz, D. (2018). Süt ve süt ürünleri tüketiminde tüketici tercihlerini etkileyen faktörler: Erzincan ili örneği. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 28(1):70-77.

Cevger, Y., Aral, Y., Demir, P., Sarıözkan, P. (2008). Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi intern öğrencilerinde hayvansal ürünlerin tüketim durumu ve tüketici tercihleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 55: 189-194.

Christopher, B.E., Nordin, N. (1997). Calcium and Osteoporosis. Nutrition, 13(7/8):664-686.

Çelik, Y., Karlı, B., Bilgiç, A., Çelik, Ş. (2005). Şanlıurfa ili kentsel alanda tüketicilerin süt tüketim düzeyleri ve süt tüketim alışkanlıkları, Tarım Ekonomi Dergisi 11(1):5-12.

Dal, N.E., Oral, M., Korkmaz, İ. (2018). Genç tüketicilerin içme sütü tüketim alışkanlıkları, The Journal of Academic Social Science Studies, 68:521-547.

Demir, G., Süer, O, Kaya, S. (2018). Investigation of milk and dairy products consumption of adolescents, Journal of Current Researches on Health Sector, 8(2): 37-48.

Demircan, V., Örmeci, MÇ, Kızılyar, G. (2011). Isparta ilinde ailelerin ambalajlı ve açık süt tüketim alışkanlıklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 6(2): 39-47.

Demirci, M, Kurultay, Ş., Öksüz, Ö. (1998). Tekirdağ ilinde içme sütü tüketim alışkanlıkları ve alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. İçme Sütü Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Tekirdağ, s.140-157.

Engindeniz, S., Aktürk, D., Savran, A.F., Koşum, N., Taşkın, T., Kesenkaş, H., Gökmen, M., Uzmay, A., Çınar, G. (2017). İzmir, Çanakkale ve Balıkesir illerinde keçi sütü ve ürünleri tüketiminin analizi üzerine bir araştırma, E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 54(4):385-395.

Erdal, G, Tokgöz, K. (2011). Tüketicilerin ambalajlı ve açık süt tüketim tercihlerini etkileyen faktörler: Erzincan ili örneği. KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi. 13(20): 111-115.

Gözener, B., Sayılı, M. (2013). Tüketicilerin açık süt ve süt ürünleri tüketim tercihlerinin incelenmesi Tokat-Turhal ilçesi örneği. Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi. 8(1):160-175.

Gündüz, O., Kılıç O, Emir M., Aydın, G. (2013). Süt ve süt ürünleri tüketiminde tüketici tercihlerini etkileyen faktörler. Samsun ili örneği, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1):36-43.

Hasipek S., Kaleli, N. (2002). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin yurtta kalan kız ve erkek öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim sıklığı üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8(3): 204-207

Karagözlü, N., Karagözlü, C., Karaca, S., Eren S. (2005). Üniversite öğrencilerinde süt ve ürünleri tüketim alışkanlıkları ve beslenme bilinçleri üzerine bir araştırma. Celal Bayar Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi. 1(12):101-108.

Karakaya, E., Akbay, C. (2013). İstanbul ilinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1):65-77.

Karakaya, E., Akbay, C. (2014). İstanbul ili kentsel alanda tüketicilerin açık ve paket süt tüketim alışkanlıkları. Tarım Ekonomisi Dergisi, 20(1):17-27.

Karakaya, E., Kızıloğlu, S. (2018). Bingöl ili kent merkezinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21(Özel Sayı): 12-21.

Kayışçıoğlu, S., İçöz, A. (2012). Eğitim Düzeyinin Fast- Food Tüketim Alışkanlığına Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 9(2): 16-19.

MacDonald, L.E., Brett, J, Kelton, D, Majowicz, S.E., Snedeker, K., Sargeant, J.M. (2011). A systematic review and meta-analysis of the effects of pasteurization on milk vitamins, and evidence for raw milk consumption and other healthrelated outcomes. Journal of Food Protection, 74:1814–1832.

Malatacık, A.F. (2006). Elazığ ili merkez ilçede et, süt ve süt ürünleri tüketim yapısı. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Van

Mazıcıoğlu, M.M., Öztürk, A. (2003). Üniversite 3 ve 4. sınıf öğrencilerinde beslenme alışkanlıkları ve bunları etkileyen faktörler, Erciyes Tıp Dergisi, 25(4):172-178.

Meneses, M, Pasqualino, J., Castells, F. (2012). Environmental assessment of the milk life cycle: the effect of packaging selection and the variability of milk production data. Journal of Environmental Management. 107:76–83.

Newbold, P. (1995). Statistics for Business and Economics. New Jersey: Prentice Hall.

Niyaz, Ö.C., İnan, İ.H. (2016). TR22 Güney Marmara Bölgesindeki tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim düzeylerinin belirlenmesi, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (2): 7–13.

Ocak, S., Önder, H. (2014). Süt ürünlerinde tüketici tercihini etkileyen faktörler ve gıda güvenliği bilinci, Hayvansal Üretim, 55(2):9-15

Onurlubaş, E., Çakırlar, H. (2016). Tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1): 217-242.

Öncül, M., Sekman, Y., Kınıklı, F., Artukoğlu, M.M. (2019). Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma tercihlerinin incelenmesi: İzmir ili örneği, Tarım Ekonomisi Dergisi, 25(2):207-217.

Örmeci, Kart ÇM., Demircan, V. (2014). Dünyada ve Türkiye'de Süt ve Süt Ürünleri Üretimi, Tüketimi ve Ticaretindeki Gelişmeler, Akademik Gıda 12(1): 78-96.

Özbey, F. (2019). Üniversite Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. J Health Pro Res 2020; 2(1):1-6.

Özçıngırak, G., Engindeniz, S. (2019). İzmir'in kentsel kesiminde sera sebzeleri tüketiminin analizi, Tarım Ekonomisi Dergisi 25 (1):53-66.

Özel, G. (2008). Tüketicilerin süt tercihinde etkili olan faktörlerin incelenmesine yönelik bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13(3): 227-240.

Özyürek, S., Yangılar, F., Çebi, K. (2019). Erzincan Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının İncelenmesi. Black Sea Journal of Agriculture 2(3): 119-125.

Para, G., Ülger, İ., Kaliber, M. (2018). Erciyes Üniversitesi Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1): 329-339.

Pereira A, Rey, P.V, Vence, X, Moreira, M.T, Gumersindo, Feijóo G. (2018). Fresh milk supply through vending machines: Consumption patterns and associated environmental impacts. Sustainable Production and Consumption, 15:119–130.

Savran, F., Aktük, D., Dellal, İ., Tatlıdil, F., Dellal, G., Pehlivan, E. (2011). Türkiye'de seçilmiş bazı illerde keçi sütü ve ürünleri tüketimine etkili faktörler, Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 17(2):251-256.

Selçuk, Ş., Tarakçı, Z., Şahin, K., Coşkun, H. (2003). Yüzüncü Yıl Üniversitesi lisans öğrencilerinin süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13(1): 23-31.

Şimşek, O, Çetin, C., Bilgin, B. (2005). İstanbul ilinde içme sütü tüketim alışkanlıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2(1): 23- 35.

Şeker, İ., Şeker P, Şahin, M., Özen VS, Akdeniz, A, Erkmen O, Kışlalıoğlu, İ, Sargın, G, Doğu GB. (2012). Elazığ İli Merkez İlçede tüketicilerin süt tüketim alışkanlıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi, F. Ü. Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 26 (3): 131-143.

Terin, M. (2014). Dünya süt ve süt ürünleri üretim, tüketim, fiyat ve ticaretindeki gelişmeler. Iğdır Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(3): 53-63.

Terin, M., Bilgiç, A., Güler, Oİ., Yavuz, F. (2015). Türkiye'de süt ürünleri tüketim harcamalarına etki eden faktörlerin analizi: çoklu heckman örneklem seçicilik sistem yaklaşımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 21(4): 500-515.

TÜBER. (2015). Türkiye Beslenme Rehberi, Sağlık Bakanlığı Yayınları, Ankara

TÜİK, (2019). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları (2018). http://www.tuik.gov.tr/ , Erişim:17.12.2019

TBSA, (Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması) (2010). Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu. Sağlık Bakanlığı Sağlık Araştırmaları Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 931, Ankara.

USK (Ulusal Süt Konseyi). (2019). Dünya ve Türkiye'de Süt Sektörü İstatistikleri. 2018 Süt raporu, https://ulusalsutkonseyi.org.tr/2018-sut-raporu-2618 , Erişim: 25.12.2019

Uzunöz, M., Gülşen, M. (2007). Üniversite öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2007;(3):15-21.

Ünal, R.N, Besler H.T. (2008). Beslenmede sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Ankara

Weetman, C. (2017). A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains: Repair, Remake, Redesign, Rethink. Kogan Page Limited, London

Yayar, R. (2012). Consumer characteristics influencing milk consumption preference. The Turkey case. Theoretical and Applied Economics, 7(7):25-42.

Yazıcı, ME. (2016). Kırşehir ilinde süt ve süt ürünleri tüketiminde tüketici algılarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Zootekni Anabilim Dalı, Kırşehir.

Yılmaz, İ, Demirci, M. (2001). Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları. Dünya Gıda, 5: 83-86.

ZMO, (2019). Süt Raporu-2018. https://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/zmo.pdf , Erişim: 25.12.2019.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 17/12/20
Kabul/Accepted: 22/02/21
DOI: 10.33462/jotaf.842302

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Yarı Kurak Bölge Koşullarında Zeytin Bitkisinin Yetiştiği Toprakta Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi

Measurement of CO_2 Emissions in the Semi - Arid Region Conditions in the Soil where the Olive Plant Grows

Erdal SAKİN[1], Korkmaz BELLİTÜRK[2*], Ahmet ÇELİK[3]

Öz

Tarımsal faaliyetler ve bileşenleri büyük oranda iklimsel olaylara dayanır. Özellikle sıcaklık ve CO_2 düzeylerindeki yükselme tarımsal üretimin geleceğini belirleyen en önemli parametredir. Dünya atmosferinde CO_2 miktarının giderek artması, sera etkisi yapan diğer gazlarla birlikte global iklim değişikliğine ve sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Yine bu değişimlerin yanında düzensiz mevsimler, kuraklık, toprak verimliliğinin azalması ve erozyon, su kaynaklarında azalma, doğal bitki örtüsündeki değişim, gıda yetersizliği/güvenliği, hastalıkların ve zararlıların yaygınlaşması iklim değişikliğinin olumsuz etkileri arasında yer almaktadır. Bu olumsuzluklar Dünya ve Türkiye açısından önemli düzeyde risk oluşturmaktadır. Türkiye'de yetiştiriciliği oldukça eski dönemlere dayanan zeytin bitkisinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde son dönemlerde tarımı, kullanımı ve ticareti hızla ivme kazanmıştır. Bu nedenle yapılan bu araştırmada zeytin bitkisinin yetiştiği ortamlarda topraktan çıkan CO_2 emisyonuna etki eden faktörlerin (sıcaklık ve nem) incelenmesi ve ölçülmesi amaçlanmıştır. Araştırma Harran Üniversitesi Eyyubiye kampüsünde zeytin bitkisinin yetiştiği alanda 56 hafta süresince 3 tekrarlı olarak 5 örnekleme alanında yürütülmüştür. Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de bu çalışma kapsamında belirlenmiştir. İklimsel veriler, inceleme alanında kurulan Decagon data logger (5 TE, EM50 Data Logger) ile 30 dakika bir süre ile ölçülmüştür. Topraktan CO_2 çıkışı Soda-Lime yöntemi ile ölçülmüştür. Analizlerde R (CorLevelPlot package) Minitab 17 istatistik paket programı kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, topraktan salınan CO_2 emisyonu üzerine toprak sıcaklığının etkisi toprak neminin etkisinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Topraktan CO_2 çıkışı toprak sıcaklığı ile doğru (r^2=0.695, $p<0.05$), toprak nemi ile ters (r^2= -0.626, $p<0.05$) bir korelasyon saptanmıştır. Toprak sıcaklığı 6ºC'nin altına düştüğünde topraktan çıkan CO_2 miktarının minimum düzeyde olduğu ve bu noktanın da kritik toprak sıcaklık noktası olduğu belirlenmiştir. Araştırma topraklarında CO_2 çıkışı, farklı derinlik, nem ve sıcaklık miktarlarına bağlı değişmekle beraber ortalama 55.56 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$ olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CO_2 Emisyonu, Zeytin, İklim Değişikliği, Sıcaklık, Nem

[1] Erdal Sakin, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa/Türkiye. E-mail: esakin@harran.edu.tr OrcID: 0000-0001-5403-4247.
[2]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Korkmaz Bellitürk, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ/Türkiye. E-mail: kbelliturk@hotmail.com OrcID: 0000-0003-4944-3497.
[3]Ahmet Çelik, Adıyaman Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman/ Türkiye. E-mail: ahmetcelik@adiyaman.edu.tr OrcID: 0000-0001-8958-4978.
Atıf/Citation: Sakin, E., Bellitürk, K., Çelik, A. Yarı Kurak Bölge Koşullarında Zeytin Bitkisinin Yetiştiği Toprakta Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 482-493.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Agricultural activities and their components are largely based on climatic events. Especially the rise in temperature and CO_2 levels is the most important parameter that determines the future of agricultural production. Increasing amount of CO_2 in the world atmosphere causes global climate change and temperature increase together with other gases that cause greenhouse effect. In addition to these changes, irregular seasons, drought, decrease in soil fertility and erosion, decrease in water resources, change in natural vegetation, food insufficiency / security, spread of diseases and pests are among the negative effects of climate change. These problems pose a risk in terms of significant world and Turkey**.** Agriculture use and trade of the olive plant, the cultivation of which dates back to very old eras in Turkey, has gained momentum in the Southeastern Anatolia Region recently. For this reason, in this study, it is aimed to examine and measure the factors (temperature and humidity) affecting the CO_2 emission from the soil in the environments where the olive plant grows. The research has been carried out in Harran University Eyyubiye campus in 5 sampling areas with 3 repetitions for 56 weeks in the area where the olive plant grows. Some physical and chemical properties of the study area soils were determined. The climatic data were determined for a period of 30 minutes with the Decagon data logger (5 TE, EM50 Data Logger) installed in the study area. CO_2 output from soil has been measured by the Soda-Lime method. In the analysis, R (CorLevelPlot package) Minitab 17 statistics package program has been used. According to the results of the research, it has been determined that the effect of the soil temperature on the CO_2 emission released from the soil is higher than the effect of the soil moisture. It has been determined that CO_2 output from soil correlated directly with soil temperature ($r2 = 0.695$, $p < 0.05$) and correlated inversely with soil moisture ($r2 = -0.626$, $p < 0.05$). It has been determined that when the soil temperature drops below 6 ºC, the amount of CO_2 released from the soil is at a minimum level, and this point is the critical soil temperature point. Although the CO2 output in the research soils varies depending on the different depth, moisture and temperature amounts, the average was determined as 55.56 g CO_2 m^{-2} $weeks^{-1}$.

Keywords: CO_2 Emission, Olive, Climate Change, Temperature, Humidity

1. Giriş

İnsanların geleceğini tehdit eden birincil çevresel sorunların başında küresel iklim değişimi gelmektedir. Dünya'da yıllık sıcaklık ortalamalarının hızla artması, düzensiz mevsimler, gıda yetersizliği/güvenliği, hastalıkların ve zararlıların yaygınlaşması iklimsel değişikliklerin olumsuz etki ve risklerini ortaya koymaktadır. İklim değişimine sebep olan başlıca etkenin sera gazlarının (CO_2, N_2O, CH_4 vb) atmosferdeki yoğunluklarının artması olduğu gösterilmektedir (Nowak ve Crane, 2002; Schimel ve ark., 2000). Topraktaki çeşitli mikroorganizma faaliyetleri ve bitki köklerinden çıkan karbondioksit'in (CO_2) zamansal ve mekânsal faktörler altında atmosfere salınması 'toprak solunumu' olarak tanımlanmaktadır (Raich ve Schlesinger, 1992). Toprak solunumundaki bir artış, atmosferdeki CO_2 değerlerini potansiyel olarak yükseltecektir. Böylece atmosferdeki CO_2 artışları ve bununla ilgili olarak iklimdeki potansiyel değişimde, biyosferik karbon akışlarının belirlenmesi oldukça büyük önem taşımaktadır (Raich ve Schlesinger, 1992). Ayrıca atmosferik CO_2'in artması ile artan global ısınmayı ve doğabilecek olumsuzlukları önlemek amacıyla son 30 yıllık süreçten günümüze kadar çalışmalar yapılmaktadır. Ancak çalışmalar istenilen düzeye erişmemiştir. Toprak solunum oranının ölçülmesi hem atmosfere ne oranda CO_2 salındığının belirlenmesinde hem de uygulaması kolay ve ucuz olduğundan, toprak kirliliği çalışmalarında da çok kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle topraktaki toplam mikrobiyal aktivitelerin belirlenmesi de sağlanır. Ayrıca orman ekosistemlerinde asit depolanmasının etkilerinin belirlenmesinde olduğu kadar ağır metallerin etkilerinin ortaya konulmasında da kullanılmaktadır (Vanhala ve ark., 1996). Toprak solunumu hem zamansal hem de mekânsal olarak çok büyük değişkenlik gösterir. Zaman faktörü günlük, aylık ve yıllık süreçlerden oluşmaktadır. Bu süreçlerde toprak solunumunu etkileyen önemli faktörler toprak sıcaklığı ve toprak nemidir (Goncharova ve ark., 2020). Mekânsal faktörler ise toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik (vejetasyon tipi ve yoğunluğu, kök yoğunluğu, mikroorganizma faaliyetleri vb.) özelliklerini kapsamaktadır (Dignac ve ark., 2017).

Atmosfere salınan karbondioksitin büyük miktarı tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelmiştir. Tarımsal uygulamalardan, özellikle pullukla toprak işleme, anız yakma ve ekim nöbeti uygulanması CO_2 çıkışı artışında çok önemli role sahiptir (Lal ve Kimbele, 1997). Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda, toprak karbon stoklarındaki hızlı oksidasyonun çevrede özellikle atmosferin kimyasında önemli değişmelere neden olduğunu ortaya koymuştur. Atmosferdeki sera gazlarından özellikle CO_2'nin miktarındaki artış eğilimi iklim, bitkilerin fizyolojisi, toprağın mikrobiyal aktivitesi ve organik maddenin oluşumu ve parçalanmasına önemli ölçüde etki eden faktörlerin başında gelir (Bellitürk, 2019). Topraklar atmosferdeki CO_2 için bir depo yeri olabileceği gibi emisyon kaynağı da olabilir. Bir ekosistemde toprakta depolanan veya topraktan atmosfere salınan C miktarı, net ekosistem üretimi ile ekosistemden atmosfere salınan toplam heterotrofik solunuma bağlıdır. Arazinin kullanımına bağlı olarak yoğun toprak işleme, topraktaki organik C'un hızla oksidasyonun toprakların atmosferdeki CO_2 için bir kaynak olmasına neden olmaktadır. Topraklar yıllardır uygulanan geleneksel toprak işleme sonucu sahip olduğu başlangıç karbon düzeyinin yaklaşık %50'sini kaybetmiş durumdadır.

Toprak işlemede yoğun enerji kullanımı, insan sağlığını etkileyen ve sera gazı (GHG) emisyonları gibi önemli çevre sorunlarını ortaya çıkarmaktadır (Karaağaç ve ark., 2019). Bu sorunları azaltmak için, minimum sürüm ve işlemesiz tarım teknikleri organik karbonun oksidasyonunu düşürerek toprağın net C kazanmasına neden olur. Böylece çeşitli yollarla atmosfere salınmış olan C'nin yeniden toprakta depolanması sağlanabilir. Yüksek organik karbon aynı zamanda toprağın verimliliğini ve kalitesini de artırır. Böylece topraklar atmosferdeki karbonun depolanması için iyi bir kaynak görevi görür. Topraklar, karbondioksitin önemli küresel kaynağı ve deposudur. Bundan dolayı karbondioksitin atmosferdeki yoğunluğunun düzenlenmesinde önemli rol oynar. Yapılan araştırmalarda her yıl atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun yaklaşık %10'u toprak yoluyla atmosfere geçmektedir. Bu miktar fosil yakıtların yanmasıyla ve ormansızlaşma ile açığa çıkan CO_2 miktarından yaklaşık 10 kat daha yüksek düzeydedir (Raich ve Schlesinger, 1992).

Topraklar, karbon depolanması ve emisyonlarını dengelemek için çok önemli bir ortam oluşturur. Toprak organik maddesi ve inorganik karbonatlar pedosferde iki büyük karbon havuzu olup ve birbiriyle yakından ilgilidir. Kurak bölgelerde sulama ile toprağa CO_2'in bağlanma şansının yüksek olması nedeniyle (Çelik ve Sakin, 2017), Türkiye'de yeni sulamaya açılacak ve mevcut sulanan alanlarda ayrıntılı çalışmalar yapılmasına büyük gereksinim duyulmaktadır.

Gelecekte daha sıcak ve kurak koşulların söz konusu olduğu bir süreçte, daha kurakçıl ve sıcak koşullara uygun tarımsal bitki çeşitlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Yaldız ve Şekeroğlu, 2013). Bunun dışında alınması

gereken diğer bir önlem de kuraklığa karşı toprak su tutma kapasitesinin artırılmasına yönelik kültürel işlemlerden organik gübre kullanımının da yaygınlaştırılması son derece önemlidir (Çelik ve ark., 2017). Bu konuda organik gübrelerden vermikompost uygulamalarının toprakta su tutma kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. Organik gübrelerin ve vermikompost uygulamasının mikrobiyal aktiviteyi olumlu yönde etkilemekte olup, heterotrofik mikroorganizmalar tarafından enerji sonucunda son ürün olarak ortaya çıkan CO_2 seviyesi, organik karbonun mineralizasyonu hakkında önemli bilgiler verir (Açıkbaş ve Bellitürk, 2016; Bellitürk, 2018; Görres ve ark., 2019; Bellitürk ve ark., 2019;Bellitürk, 2019; Göçmez ve ark., 2019).

Türkiye'nin uygun ekolojilerinde kültür şartlarında ve özellikle yarı kurak bölge topraklarında yetiştirilen zeytin bitkisinin dikim alanı açısından yaygınlaştırılması ve kullanımı her geçen gün önem kazanmıştır (Çimrin ve ark., 2019). Hazırlanan bu çalışmada, Harran Üniversitesi Eyyubiye kampüsünde bulunan zeytin ağaçlarının yetiştiği toprakların solunumu ve solunuma etki eden faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca yine bu çalışmayla elde edilen bulguların küresel ve yerel karbon döngüsünün önemli bir parçası olan toprak solunumu ile ilgili altlık verilerin sağlanması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Örnekleme Yöntemi

Çalışma alanı Harran Ovası'nda 37° 09' 02" N enlemleri ile 38° 48' 57" E boylamları arasında yer alan Eyyubiye kampüsünde zeytinlik alanda yürütülmüştür (*Şekil 1*). Deneme alanının denizden yüksekliği 466 m'dir. Harran Üniversitesi Eyyübiye kampüsünde zeytin bitkisinin yetiştiği alanda 56 hafta süresince 3 tekrarlı olarak 5 örnekleme alanında yürütülmüştür.

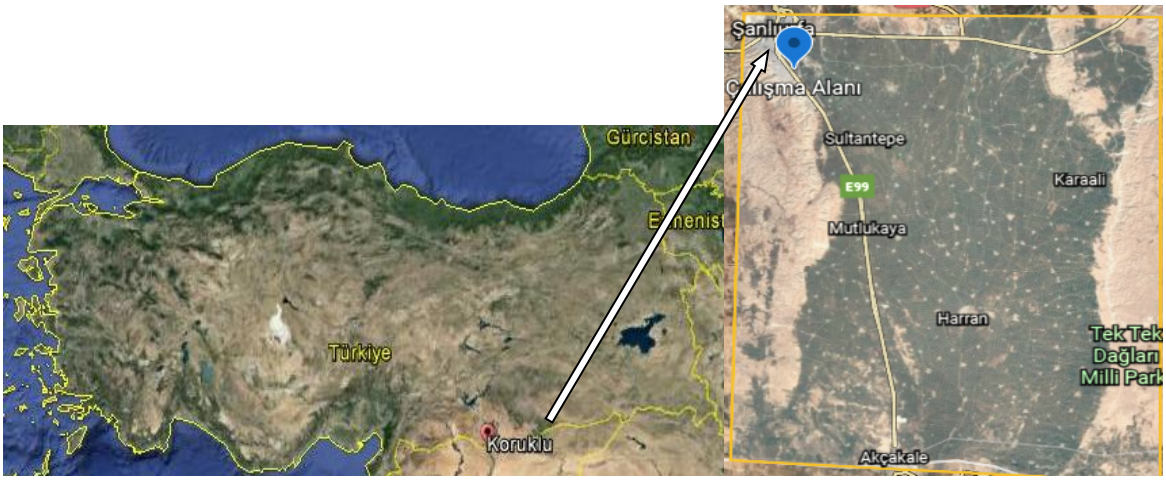


Figure1. Location of the study area
Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu

2.2. Laboratuvar Analizleri

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için 0-5 ve 5-10 cm derinliğinde toprak örnekleri alınmış, kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprakların parçacık büyüklük dağılımı (tekstür) (Bouyoucos, 1951), kireç içeriği (Scheibler kalsimetresi) (Allison ve Moodie, 1965), organik karbon içeriği (Walkley-Black) (Nelson ve Sommers, 1982), toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak/su süspansiyonunda ve elektriksel iletkenlik (EC) (Horneck ve ark., 1989) ve hacim ağırlığı (Black, 1965) analizleri yapılmıştır. Çalışma alanı toprakları killi, kireçli, organik karbon miktarı düşük, hafif alkali olup, tuzluluk problemi bulunmamaktadır (*Tablo 1*).

Tablo 1. Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 1. Some physical and chemical properties of work area soils

Toprak Parametreleri	Derinlik (0-5 cm)	Derinlik (5-10 cm)
Toprak Reaksiyonu; pH (1:2.5)	7.55	7.69
Elektriksel İletkenlik; EC (1:2.5)	0.91	0.94
Organik Karbon; OC (%)	2.01	1.96
Hacim Ağırlığı; HA (g/cm^{-3})	1.26	1.28
Kireç İçeriği (%)	25.11	29.09
Kil (%)	52.56	50.56
Kum (%)	26.42	24.46
Silt (%)	21.02	24.98
Tekstür sınıfı	C	C

2.3. İklim Verileri

Çalışmanın yürütüldüğü bölgenin iklimi kurak ve yarı kurak olup, kışlar ılık, yazlar kurak ve sıcaktır. İklim verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 18.4 ºC, yıllık ortalama yağış düzeyi 463.6 mm, en yüksek sıcaklık 46.8 °C ile Temmuz, en düşük sıcaklık ise -12.4 °C ile Şubat ayında saptanmıştır (Anonim, 2019). İklim verileri deneme alanında kurulan Decagon data logger (5TE, EM50 Data Logger) yardımıyla 30 dakikada bir ölçülmüştür. Elde edilen veriler günlük, haftalık, aylık ve yıllık olmak üzere alınmış ve aynı tarihlerde alınan CO_2 çıkış miktarları ile karşılaştırılmıştır. İklim verileri hava sıcaklığı, bağıl nem, PVC kabın iç sıcaklığı, iç nemi, PVC kabın kapladığı toprak alanının 5 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı, toprak nemi ve toprağın elektriksel kondaktivitesi, açık alandaki (PVC kabın olmadığı) toprağın 5 ve 10 cm derinlikteki toprak sıcaklığı, toprak nemi ve toprağın elektriksel kondaktivitesi ölçülmüştür. Alınan bu veriler topraktan çıkan CO_2 değerleri ile ilişkilendirilmiştir.

2.4. Karbondioksit (CO_2) Emisyonunun Ölçülmesi

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Eyyubiye kampüsünde zeytin yetiştirilen işlenmemiş toprakta CO_2 emisyonunu belirlemek için, dünyada yapılan çalışmalarda pek çok araştırmacı tarafından tercih edilen, kolay ve ucuz olması (Keith ve Wong, 2006) nedeni ile Soda Lime (Soda Kireci) (Grogan, 1998) kullanılmıştır. Bu yöntemle CO_2 kimyasal olarak soda-lime bağlamaktadır (Edwards, 1982). Soda Lime granüller yapıda olup granül büyüklüğü yaklaşık olarak 2-5 mm arasında değişen CaOH + NaOH (kalsiyum ve sodyum hidrooksitler) karışımından ibarettir. Alkali (bazik) özelliğine sahip olan soda-lime CO_2'i fikse etmektedir (Jae ve ark., 2011).

Ekolojik koşullara bağlı olarak alınan soda-lime miktarı değişmekle beraber genel olarak 50-100 g arasında değişmektedir. Bu çalışma için 50 g soda-lime alınmıştır. Çalışma işlenmemiş alanlarda 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuş ve hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$ECO_2 = (SLad - SLbaş) * WC / (A * t) \quad \text{(Eş.1)}$$

Burada ECO_2, inkübasyon süresince çıkan toplam CO_2 miktar ($g\ CO_2\ m^{-2}\ gün^{-1}$); SLad, CO_2 adsorbe etmiş soda lime miktarı (g); SLbaş, başlangıçtaki soda lime miktarı (g); A, alan (m^2); t, inkübasyon zamanı (arazide kalma süresi) (gün); WC, su düzeltme katsayısı 1.69 alınmıştır.

2.5. İstatistik Analizler

Analizlerde R (CorLevelPlot package) Minitab 17 istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Toprakların haftalık karbon emisyon miktarları ($g\ CO_2\ m^{-2}$) *Şekil 2*'de, günlük karbon emisyonu ($g\ C\ m^{-2}$) ve bazı iklim parametrelerinin tanımlayıcı istatistik değerleri *Tablo 2*'de ve günlük karbon emisyonu ($g\ C\ m^{-2}$) ile bazı iklim parametreleri arasındaki korelasyon *Tablo 3*'te verilmiştir.

Haftalık ortalama CO_2-C değeri 15.15 g C m^{-2} $hafta^{-1}$ (55.56 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$) olarak belirlenmiştir. 5 cm toprak derinliğinde haftalık ortalama toprak su içeriği %11.66 (%VWC) iken 10 cm toprak derinliğinde bu değer %13.45 (%VWC) olarak belirlenmiştir. Ortalama haftalık toprak sıcaklığı 5 cm toprak derinliğinde 22.53 °C iken 10 cm toprak derinliğinde 22.25 °C olarak ölçülmüştür. PVC kapları ile örtülen toprakların 5 cm toprak derinliğinde ortalama haftalık toprak su içeriği %11.29, aynı alan ve aynı toprak derinliğinde toprak sıcaklığı 22.50 °C olarak saptanmıştır (*Tablo 2*). İklim parametrelerinin dışında toprak tekstürü, strüktürü, kimyasal ve biyolojik özelliklerde topraktan CO_2 çıkışı üzerine etkilidir. Ayrıca, topraktaki organik karbon içeriği ve fonksiyonel karbon grupları ve diğer pek çok faktörlere bağlıdır.

Heterojen bir ortama sahip olan toprak katı, sıvı ve gaz fazlarından oluşmuştur. Bu ortam derinlik bakımından farklılık göstermektedir. Topraktan CO_2 taşınımı alttan yüzeye doğru olmaktadır. Bu şekilde yüzeye doğru taşınan CO_2'in bir kısmı atmosfere salınırken geri kalan kısım bazı kimyasal olaylara katılmaktadır. Toprak derinliğine bağlı olarak topraktaki CO_2 yoğunluğu değişmektedir. Genel olarak derin olan toprakların CO_2 yoğunluğu yüksek, yüzlek (derin olmayan) toprakların ise düşük olmaktadır.

Tablo 2. Topraktan CO_2-C çıkışı (g m^{-1} hafta) ve bazı iklim parametrelerinin tanımlayıcı istatistik değerleri
Table 2. CO_2-C output from soil (g m^{-1} week) and descriptive statistics of some climate parameters

Değişken Parametreler	Ort.	Standart Hata Ort.	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Min.	Mak.
Ort. CO_2-C çıkışı (g m^{-2} $hafta^{-1}$)	15.15	0.10	0.75	34.45	6.54	28.85
Toprak su içeriği (% VWC, 5 cm)	11.66	0.61	4.41	37.76	5.61	21.24
Toprak sıcaklığı (ºC, 5 cm)	22.53	1.57	11.35	50.39	5.65	39.39
Toprak su içeriği (VWC %, 10 cm)	13.45	0.61	4.37	32.47	7.97	22.42
Toprak sıcaklığı (ºC, 10 cm)	22.25	1.46	10.50	47.20	6.74	37.44
PVC kabın su içeriği (% VWC)	11.29	0.98	7.08	62.67	2.21	29.43
PVC kabın iç sıcaklığı (ºC)	22.50	1.53	11.03	49.01	5.40	38.38

Topraktan CO_2 emisyonunun minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 22.64 ile 105.79 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$ arasında değişmektedir. İklim parametrelerine bağlı olarak mevsimsel değişen CO_2 emisyon değerleri arasındaki farktan dolayı CV (varyasyon katsayısı)'ler ortalamanın üstüne çıkabilmektedir. Örneğin haftalık ortalama toprak sıcaklığı (5 cm) minimum 5.65 °C, maksimum 39.39 °C, aynı derinliğe ait toprak su içeriği ise sırasıyla %5.612 ile %21.235 arasında değişmektedir. Haftalık ortalama toprak sıcaklığı ve toprak nemi gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkın yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu değerler haftalık ortalama sıcaklık ve nemin dalgalı çıkmasına ve CV'lerin yüksek olmasına neden olmaktadır (*Tablo 2*).

Deneme alanındaki toprakların CO_2 emisyonu iklim parametrelerine bağlı olarak yıl içinde büyük değişimler göstermektedir. Karbondioksit emisyonu, 51'inci (Temmuz-Ağustos arası) haftada maksimum ve 28'inci (Şubat ayı ortaları) haftada minimum düzeyde saptanmıştır. Bu haftalarda CO_2 emisyonu 28'inci haftada 22.64 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$, 51'inci haftada 105.79 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$ olarak ölçülmüştür (*Şekil 2*). Temmuz – Ağustos arasında bahçe sulaması nedeni ile CO_2 çıkışı arttığı düşünülmektedir.

Burada CO_2 çıkışının artması ve azalmasının temel nedeni toprak içerisinde yaşayan Mezofilik heterotrof mikroorganizmaların aktivitesinin toprak sıcaklığı ve nemine bağlı olarak artması ve düşmesidir. Bu nedenle toprak sıcaklığı ile topraktaki CO_2 emisyonu arasında yüksek korelâsyonlar saptanmıştır ($p<0.05$, *Tablo 3*).

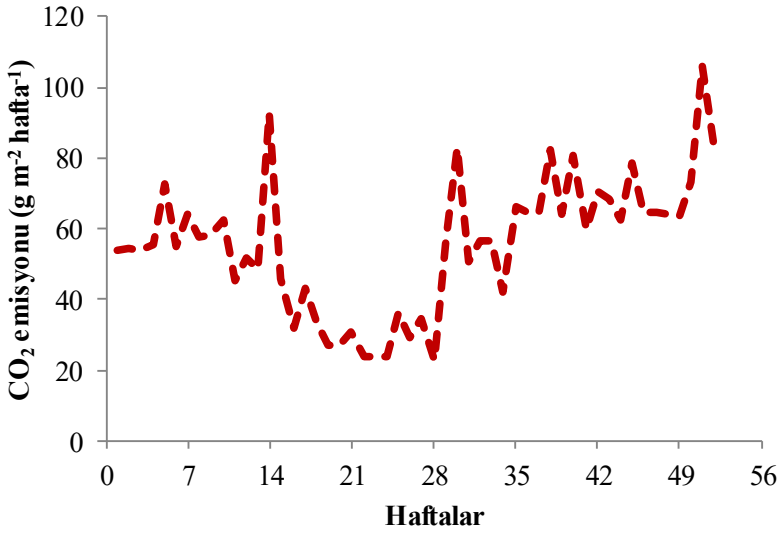


Figure 2. Weekly soil CO_2 emission

Şekil 2. Haftalık toprak CO_2 emisyonu

Bu haftalarda (14 ve 28'inci haftalar) CO_2 emisyonuna karşılık gelen karbon emisyonu değerleri minimum 6.54 g C m^{-2} hafta^{-1} ile maksimum 28.85 g C m^{-2} hafta^{-1} arasında değişmektedir (*Şekil 3*). Yani maksimum ve minimum CO_2 ve C emisyonu, iklim parametrelerinin minimum ve maksimum olduğu dönemlere denk gelmektedir.

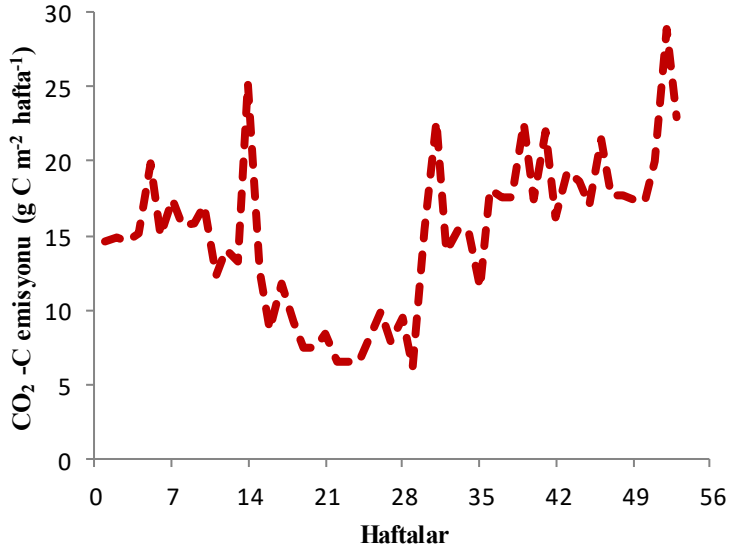


Figure 3. Weekly soil CO_2-C emission

Şekil 3. Haftalık toprak CO_2-C emisyonu

Toprak nemi ve sıcaklığı toprak canlılarının yaşam koşullarını etkilemektedir. Toprak sıcaklığı ile toprak nemi arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Toprak sıcaklığı azaldıkça nem artmakta, nem azaldıkça toprak sıcaklığı artmaktadır. Bu iki parametreye bağlı olarak topraktan çıkan CO_2 miktarı değişmektedir. Topraktan CO_2 çıkışı toprak sıcaklığına bağlı olarak bir dalgalanma (azalma-artma) göstermektedir. Toprak sıcaklığı 6 °C'nin altına düştüğünde ve toprak su içeriği %20'nin üstüne çıktığında topraktan çıkan CO_2 miktarı minimum düzeydedir. Toprak sıcaklığı 20 °C'nin ve toprak su içeriği %20'nin üstüne çıktığında toprak sıcaklığı ve nemi arasında ters

bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Toprak sıcaklığının maksimum olduğu (40 °C) noktada toprak nem içeriği minimum (%6) noktadadır. Çalışmanın 51'inci haftasında sıcaklığın maksimum ve nemin minimum olduğu noktada CO_2 emisyonu maksimum değerdedir (*Şekil 4*). Bu ve buna benzer noktalarda CO_2 çıkışının en yüksek değerde olması sadece topraktaki mikrobiyal faaliyetler ile bitki köklerinin aktivitesine bağlı olmayıp, kurak ve yarı kurak bölgelerde uzun dönem ve uzun güneşleme koşulları altında ayrışma ve parçalanma gerçekleştiğinden dolayı çıkan CO_2'ın bir kısmı da bu olaydan kaynaklanabilmektedir. Yine topraktaki kireç içeriği de CO_2 oluşumunu kimyasal olarak etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Çünkü araştırma topraklarında % 25.11-29.09 düzeyinde belirlenen kireç varlığı, bu topraklarda kimyasal olarak oluşabilecek CO_2'in temel sebeplerinden biri olduğu düşünülmektedir.

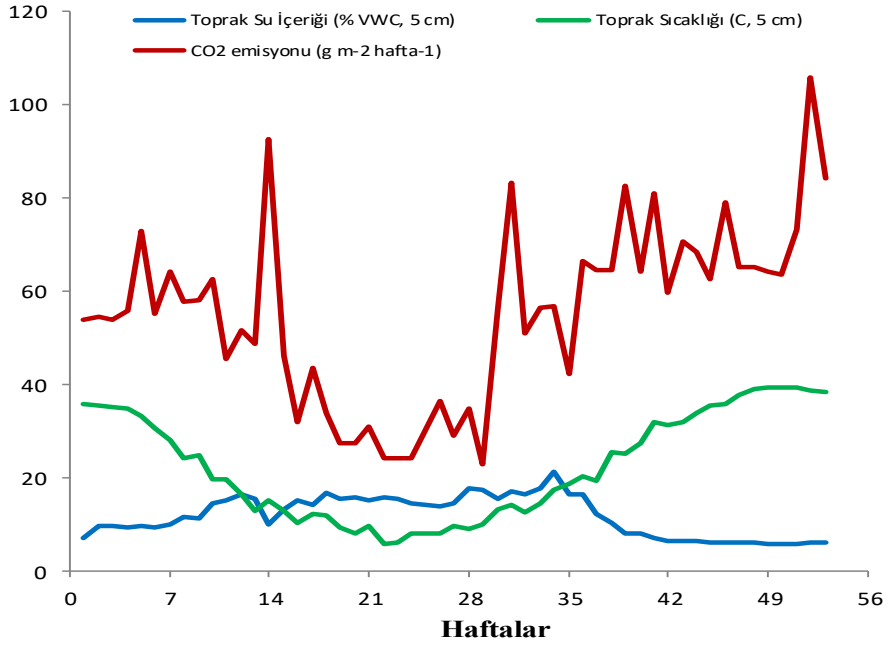


Figure 4. The relationship between weekly CO2, temperature and soil water content

Şekil 4. Haftalık CO_2, sıcaklık ve toprak su içeriği arasındaki ilişki

Topraktan çıkan CO_2-C ile iklim parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları *Tablo 3*'te verilmiştir. Bu parametreler arasındaki korelasyon $P<0.05$ önem seviyesinde incelenmiştir. Buna göre haftalık çıkan ortalama CO_2-C miktarı, 5 ve 10 cm derinliğindeki toprak su içeriği (R^2= -0.626 ve -0.498) ve PVC kabın içindeki 5 cm derinliğindeki toprak su içeriği (R^2= -0.620) ile önemli seviyelerde negatif, 5 ve 10 cm toprak derinliğindeki toprak sıcaklığı (R^2= 0.695 ve 0.688) ve 5 cm derinliğinde PVC kabın içindeki toprak sıcaklığı (R^2= 0.679) ile pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Genel olarak, CO_2 emisyonu ve toprak sıcaklıkları arasında yüksek oranlarda önemli ve pozitif bir korelasyon saptanmıştır. Farklı derinliklerdeki ölçülen toprak nemi ile CO_2 emisyonu arasında da yüksek oranlarda önemli ve negatif bir korelasyon belirlenmiştir.

Topraktan CO_2 çıkışı atmosfer, biyosfer, jeosfer ve hidrosfer arasında karbon değişimi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Herbst ve Hellebrand, 2008). CO_2 emisyonu ekosistemlerdeki karbon dengesi, besin döngüsü, iklim değişimi ve karbon depolaması üzerine büyük bir öneme sahiptir (Luo ve Zhou, 2006). Topraklarda CO_2 emisyonu, mikrobiyal aktiviteler, bitki köklerinin faaliyetleri, topraktaki organik karbonun oksidasyonu, uzun kuraklık dönemi ve güneş ışınlarının etkisinde bulunan topraklarda karbon parçalanması sonucu oluşmaktadır.

Zaman ve mekâna bağlı olarak değişen toprak solunumunu etkileyen en önemli parametreler toprak sıcaklığı ve toprak nemidir. Toprak sıcaklığı ve toprak nemi toprak solunumunun %80-90'ını oluşturmaktadır. Bu nedenle karbon emisyonu çalışmalarında bu iki parametreye dikkat edilmesi önemlidir. Toprak nemi, toprak sıcaklığı, bitki kökleri ve organizmalar topraktaki CO_2 emisyonunu etkilerken aynı zamanda atmosferik CO_2 oranını da etkilemektedir. Pek çok çalışmada (Bauer ve ark., 2012); (Zimmermann ve ark., 2010); (Dilekoglu ve Sakin., 2017a) bu konulara değinilmiştir. Bunların dışında organik madde içeriği (Liu ve ark., 2009); (Sakin, 2016), kök mikrobiyal aktivitesi (Almaraz ve ark., 2009), farklı ana materyaller (Lou ve ark., 2004) gibi faktörlerin de

etkilediği belirtilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, toprak sıcaklığı CO_2 emisyonu üzerindeki etkisi toprak nemine göre daha yüksek düzeydedir. Aynı iklim koşullarında ve aynı toprak özelliklerine sahip farklı işleme koşulları altında Gülle Sakin ve ark. (2015)'ın otomatik CO_2 emisyon cihazı ile (LI-8100A, LI-COR) yapmış oldukları çalışmalarında da CO_2 çıkışına sıcaklığın etkisinin toprak neminden daha fazla olduğunu saptamışlardır. Toprak sıcaklığı 5 °C'nin altına düşmesi durumunda karbon emisyonunun minimum olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada CO_2 emisyonu için kritik toprak sıcaklığı 6 °C olarak saptanmıştır (*Tablo 3*).

Tablo 3. Bazı iklim parametreleri ile CO_2-C arasındaki korelasyonlar
Table 3. Correlations between some climate parameters and CO_2-C

Parametreler	**Ort. C (g m^{-2} haftalık^{-1})**	**Toprak su (%VWC; 5 cm)**	**Toprak sıcaklığı (°C; 5 cm)**	**Toprak su içeriği (%VWC; 10 *cm)***	**Toprak sıcaklığı (°C; 10 cm)**	**PVC kabın su içeriği (% VWC; 5 cm)**
Toprak su içeriği (% VWC; 5 cm)	-0.626*					
Toprak sıcaklığı (°C; 5 cm)	0.695*	-0.879*				
Toprak su içeriği (%VWC; 10 cm)	-0.498*	0.795*	-0.750*			
Toprak sıcaklığı (°C; 10 cm)	0.688*	-0.874*	0.999*	-0.765*		
PVC kabın su içeriği (%VWC; 5 cm)	-0.620*	0.752*	-0.774*	0.799*	-0.775*	
PVC kabın iç sıcaklığı (°C; 5 cm)	0.679*	-0.865*	0.997*	-0.748*	0.996*	-0.773*

*p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde çok önemli

Harran Ovası'nın işlenmiş killi topraklarında karbon emisyonu belirleme çalışmalarında toprak sıcaklığı ve toprak nemine bağlı olarak topraktan çıkan karbon miktarı 1.49 g C m^{-2} $gün^{-1}$ (5.46 g CO_2 m^{-2} $gün^{-1}$ veya 38.22 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$) olarak saptanmıştır (Sakin ve Sakin, 2015). İşlenmemiş alanlarda yapılan bu çalışmada ise, toprak nemi ve sıcaklığına bağlı olarak ortalama karbon emisyon miktarı 2.17 g C m^{-2} $gün^{-1}$ (15.152 g CO_2 m^{-2} $gün^{-1}$ veya 55.56 g CO_2 m^{-2} $hafta^{-1}$) olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada topraktan çıkan CO_2 miktarı işlenmiş alanlardan çıkan CO_2'in yaklaşık olarak 1.46 katı kadardır. İşlenmemiş alanların karbon emisyon oranlarının yüksek olmasının diğer bir nedeni de bu toprakların karbon içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanı topraklarının karbon içeriği %2.01 (0-5 cm) ile %1.96 (5-10 cm) olarak belirlenmiştir. Bölgede yapılmış olan bu çalışmanın sonuçları ile mevcut çalışma sonuçları arasında benzerlik ortaya çıkmıştır (Sakin ve Yanardağ, 2019).

Dünyada yapılan pek çok çalışmada sıcaklığın düşük nemin yüksek olduğu kış dönemlerinde topraktan CO_2 emisyonu oranı minimumdur. Toprak solunumu toprak sıcaklığının artmasıyla artmaktadır. Toprakların toprak solunumu vejetasyon tipine, yönetim pratiklerine, çevre koşullarına ve arazi kullanım tiplerine bağlı olarak değişmektedir (Frank ve ark., 2006; Maier ve ark., 2010; Giardina ve ark., 2014; Angert ve ark., 2015; Çelik, 2018; Sakin ve Yanardag, 2019). Ancak araştırmacılar çalışmalarında toprak nemi ile toprak sıcaklığının pik noktalarını belirtmemişlerdir. Uzun kuraklık döneminden sonra aşırı yağışların düşmesi toprak canlıların yaşamını etkilerken toprakta CO_2 emisyonuna neden olmaktadır (Xu ve Luo, 2012). Ancak uzun süren kuraklık döneminde toprak organizmalarının aktivitesi hakkında net bilgi olmadığı belirtilmiştir (Wu ve Lee, 2011). Toprak sıcaklığı ve nemi ile toprakta CO_2 solunumu oranı arasında güçlü ilişkiler saptanmıştır (Rey ve ark., 2011; Sugihara ve ark., 2012; Forrester ve ark., 2012; Dilekoglu ve Sakin, 2017b).

Toprak CO_2 emisyonu yıl içinde tüm alanlarda (işlenmiş, işlenmemiş, orman vs.) değişiklik göstermektedir. Bu değişim toprak nemi ve toprak sıcaklığı ile ilgilidir. Almagro ve ark. (2009)' ın yapmış oldukları çalışmada toprak solunumu, toprak sıcaklığının artması ile Nisan ayına kadar sürekli arttığı ve bu dönemde pik (12.7 g CO_2 m^{-2} $gün^{-1}$) yaptığı belirtilmektedir. Toprak nemi %10'un altına düştüğü ilkbaharın sonları ile kurak yaz aylarında topraktan çıkan CO_2 miktarı azalmaktadır. Toprak nemi %7.68 ve %13.3 olduğu yaz aylarında toprak CO_2 emisyonu sırasıyla 4.68 g CO_2 m^{-2} $gün^{-1}$ ile 12.62 g CO_2 m^{-2} $gün^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Burada toprak neminin de

CO_2 emisyonuna olan etkisi ortaya çıkmaktadır. Ancak tüm arazi kullanım alanlarında, toprak CO_2 emisyonu toprak sıcaklığının minimum ve toprak su içeriğinin maksimum olduğu kış aylarında en düşük oranlardadır.

4. Sonuç

Her ne kadar sıcaklık önemli bir faktör olsa da toprak neminden bağımsız düşünülemez. Onun için yapılan değerlendirmelerde mutlaka bunlar arasındaki korelâsyonlar da dikkate alınmalıdır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaz dönemlerinde toprak nemi düşük olmakta ve sıcaklık yüksek seviyelerde seyretmektedir. Kurak dönemler yetersiz nem sebebi ile mikrobiyal aktivite düşük olmaktadır.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde topraklarda CO_2 emisyonunun mevsimsel değişimi iklim parametrelerinden sıcaklık ve nem faktörlerine bağlıdır. Bu çalışmada topraktan CO_2 emisyonu üzerinde toprak sıcaklığının etkisi toprak neminin etkisinden daha fazla saptanmıştır. İklim, toprak organik madde içeriği, tekstür ve bitki besin maddeleri mikrobiyal aktiviteyi etkilediği için doğrudan CO_2 çıkışını etkilemektedir.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bulunan işlenmemiş alanlarda topraktan çıkan CO_2 işlenmiş alanlarda çıkan CO_2'ten daha fazla olup, yaklaşık olarak 1.46 katı kadardır. Bu toprakların karbon depolama potansiyelleri sınırlı olduğu için devamlı karbon depolayamamaktadır. Bu nedenle mevcut karbon mikrobiyal faaliyet sonucu ayrışmakta ve sonunda CO_2 açığa çıkmaktadır.

Kaynakça

Açıkbaş, B., Bellitürk, K. (2016). Vermikompostun 5BB Üzerine Aşılı Trakya İlkeren Asma Fidanlarının Bitki Besin Elementleri İçerikleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (4), 131-138.

Anonim (2019). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Şanlıurfa İli İklim Verileri, Ankara, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SANLIURFA, (Erişim tarihi: 23.09.2020)

Allison, LE, Moodie, C E. (1965). Carbonate. In: C.A, Black et al (ed). Metods of Soils Analysis. Part 2. Agronomy 9 (1). Am. Soc. of Argon., Inc., Madison, pp. 1379 – 1400, Wisconson U.S.A.

Almagro, M., López, J., Querejeta, J I., Martínez-Mena, M. (2009). Temperature Dependence of Soil CO_2 Efflux is Strongly Modulated by Seasonal Patterns of Moisture Availability in a Mediterranean Ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 41 (3): 594-605

Almaraz, JJ., Zhou, X., Mabood, F., Madramootoo, C., Rochette, P., Ma, B L., Smith, D L. (2009). Greenhouse Gas Fluxes Associated with Soybean Production under Two Tillage Systems in Southwestern Quebec. *Soil and Tillage Research* 104 (1): 134-139.

Angert, A., Yakır, D., Rodeghıero, M., Preisler, Y., Davidson, E A., Weiner, T. (2015). Using O_2 to Study the Relationships between Soil CO_2 Efflux and Soil Respiration. *Biogeosciences* 12: 2089–2099.

Bauer, J., Weihermüller, L., Huisman, J A., Herbst, M., Graf, A., Sequarıs, J., Vereecken, H. (2012). Inverse Determination of Heterotrophic Soil Respiration Response to Temperature and Water Content under Field Conditions. *Biogeochemistry* 108:119–134.

Bellitürk, K. (2018). Some Evaluations about Use of Vermicompost in Agricultural Activity of Thrace Region, Turkey: A Review. Journal of Rice Research 6 (2): 1000193.

Bellitürk, K., Kuzucu, M., Çelik, A., Baran, M F. (2019). Antep Fıstığında (Pistacia Vera L.) Kuru Koşullarda Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 251-259.

Bellitürk, K. (2019). Asit ve Düşük Organik Madde İçeren Toprakların Islahı: Trakya Bölgesi Örneği. *Kireç Dünyası* 5 (10): 19-22.

Black, CA. (1965). Methods of Soil Analysis, Part II, American Soci. of Agroninc. Pub. No: 9 Madison WI, USA.

Bouyoucus, G J. (1951). A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron Jour 3: 434 -438.

Çelik, A., Sakin, E. (2017). Comparing Surface Carbon Concentrations and Some Parameters of the Soils on Which Medicinal and Aromatic Plants Grow. *Applied Ecology and Environmental Research* 15 (3): 1057-1068.

Çelik, A., İnan, M., Sakin, E., Büyük, G., Kırpık, M., Akça, E. (2017). Changes in soil properties following shifting from rainfed to irrigated agriculture: the Adıyaman case. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, *5* (2), 80-86.

Çelik A., (2018). Carbon Dioxide Emission Measurement of Soils Where Some Medical and Aromatic Plants are Grown. *International Scientific Research Congress* (UBAK). 09-13 May 2018, Mardin, Turkey, 169-170,

Çimrin, K M., Yalçın, M., Keleş, N. (2019). Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçeleri topraklarının bor durumunun belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 1-6.

Dignac, M F., Derrien, D., Barré, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., Hedde, M. (2017). Increasing Soil Carbon Storage: Mechanisms, Effects of Agricultural Practices and Proxies. A Review. *Agronomy for Sustainable Development* 37 (2): 14-21.

Dilekoglu, M F., Sakin, E. (2017a). The effect of temperature and humidity in soil carbon dioxide emission. *The J Anim Plant Science* 27 (5):1596-1603.

Dilekoglu, M F., Sakin, E. (2017b). Determination of carbon emissions in shallow soil of Harran plain, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 15 (4): 675-682.

Edwards, N T. (1982). The Use of Soda-Lime for Measuring Respiration Rates in Terrestrial Systems. *Pedobiologia* 23 (5): 321-330.

Forrester, J A., Mladenoff, J D., Gower, S T., Stoffel, J L. (2012). Interactions of temperature and moisture with respiration from coarse woody debris in experimental forest canopy gaps. *Forest Ecology and Management* 265:124–132.

Frank, A B., Liebeg, M A., Tanaka, D L. (2006). Managment effects on soil CO_2 efflux in northern semiarid grassland and cropland. *Soil and Tillage Research* 89:78-85.

Giardina, C P., Litton, C M., Crow, S E., Asner, G P. (2014). Warming-Related increases in soil CO_2 efflux are explained by increased below-ground carbon flux. *Nature Climate Change* 4: 822–827.

Goncharova, O., Matyshak, G., Udovenko, M., Semenyuk, O., Epstein, H., Bobrik, A. (2020). Temporal dynamics, drivers, and components of soil respiration in urban forest ecosystems. *CATENA* 185: 104299.

Göçmez, S., Bellitürk, K., Görres, H. J., Turan, H.S., Üstündağ, Ö., Solmaz, Y., Adiloğlu, A., (2019). The Effects of the Use of Vermicompost in Olive Tree Farming on Microbiological and Biochemical Characteristics of the Production Material, Erwerbs-Obstbau, Springer Berlin Heidelberg, pp:1-8.

Görres, J H., Martin, C., Nouri-Aiin, M., Bellitürk, K. (2019). Physical properties of soils altered by invasive pheretimoid earthworms: does their casting layer create thermal refuges? *Soil Systems* 3 (3): 1-13).

Grogan, P. (1998). CO_2 Flux Measurement Using Soda Lime: Correction for Water Formed During CO_2 Adsorption. Ecology 79: 1467-1468.

Gülle Sakin, E D., Saylan, L., Sakin, E., Altun, Ş B., Yeşilköy, S. (2015). Carbon Emission from Soil and Meteorological Variables: A Case Study in Sanliurfa. *4th International Soil and Water Resources Congress*. 01-04 September, Maras /Turkey.

Herbst, M., Hellebrand, H J. (2008). Multiyear Heterotrophic Soil Respiration: Evaluation of Acoupled CO_2 Transport and Carbon Turnover Model. *Ecol Model* 214 (2–4):271–283.

Horneck, D A., Hart, J M., Topper, K., Koepsell, B. (1989). Methods of Soil Analysis Used in the Soil Testing Laboratory at Oregon State University. 1-21, State of Oregon, University Publication USA.

Jae, J., Tompsett, G A., Foster, A J., Hammond, K D., Auerbach, S M., Lobo, R F., Huber, G W. (2011). Investigation into the shape selectivity of zeolite catalysts for biomass conversion. *Journal of Catalysis* 279(2): 257-268.

Karaağaç, H A., Baran, M F., Mart, D., Bolat, A., Eren, Ö. (2019). Nohut üretiminde enerji kullanım etkinliği ve sera gazı (ghg) emisyonunun belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (16): 41-50.

Keith, H., Wong, S C. (2006). Measurement of soil CO_2 efflux using soda lime absorption: Both quantitative and reliable. *Soil Biology & Biochemistry* 38:1121–1131.

Lal, R., Kimble, J M. (1997). Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49 (1-3): 243-253.

Liu, W., Zhang, Z., Wan, S. (2009). Predominant role of water in regulating soil and microbial respiration and their responses to climate change in a semiarid grassland. *Glob Chang Biol* 15:184–195.

Lou, Y., Li, Z., Zhang, T., Liang, Y. (2004). CO_2 emissions from subtropical arable soils of China. *Soil Biology and Biochemistry* 36(11): 1835-1842.

Luo, Y., Zhou, X. (2006). Soil Respiration and the Environment. Academic Press, San Diego, CA.

Maier, M., Schack-Kirchner, H., Hildebrand, E E., Holst, J. (2010). Pore-Space CO_2 dynamics in a deep, well-aerated doil. *Eur J Soil Sci* 61: 877–88.

Nelson, D W., Sommers, L E. (1982). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. Madison, Wisconsin, pp 539 – 579, USA.

Nowak, D J., Crane, D E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental pollution* 116 (3): 381-389.

Raich, J W., Schlesinger, W H. (1992). The Global Carbondioxide Flux in Soil Respiration and its Relationship to Vegetation and Climate. Tellus 44B: 81–99.

Rey, A., Pegoraro, E., Oyonatre, C., Were, A., Escribano, P., Raimundo, J. (2011). Impact of land degradation on soil respiration in a steppe (*Stipa tenacissima L.)* semiarid ecosystem in the SE of Spain. *Soil Biology and Biochemistry* 43:393-403.

Sakin, E., Sakin, E D. (2015). Harran Ovasının killi topraklarında karbon emisyonun ölçülmesi. *GAP VII. Tarım Kongresi*. 28 Nisan – 1 Mayıs 2015, Şanlıurfa.

Sakin, E., Yanardag, I H. (2019). Effect of application of sheep manure and its biochar on carbon emissions in salt affected calcareous soil in Sanliurfa Region SE Turkey. *Fresen Environ Bull* 28 (4): 2553-2560.

Sakin, E. (2016). Seasonal variations of carbon emissions in uncultivated soils. *Oxidation Communication* 39 (2): 1374-1384.

Schimel, D., Melillo, J., Tian, H., McGuire, A D., Kicklighter, D., Kittel, T., Parton, W. (2000). Contribution of Increasing CO_2 and Climate to Carbon Storage by Ecosystems in the United States. Science 287: 2004-2006.

Sugihara, S., Funakawa, S., Kilasara, M., Kosaki, T. (2012). Effects of land management on CO_2 flux and soil C stock in two Tanzanian croplands with contrasting soil texture. *Soil Biology & Biochemistry* 46: 1-9.

Vanhala, P., Fritze, H., Neuvonen, S. (1996). Prolonged simulated acid rain treatment in the subarctic: effect on the soil respiration rate and microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils* 23 (1): 7-14.

Wu, H J., Lee, X H. (2011). Short-term effects of rain on soil respiration in two new England forests. *Plant and Soil* 338: 329–342.

Xu, X., Luo, X. (2012). Effect of wetting intensity on soil GHG fluxes and microbial biomass under a temperate forest floor during dry season. *Geoderma* 170: 118–126.

Yaldız, G., Şekeroğlu, N. (2013). Küresel iklim değişikliğinde tıbbi ve aromatik bitkilerin önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6(1): 85-88.

Zimmermann, M., Conen, J L F., Bird, M I., Meir, P. (2012). Can composition and physical protection of soil organic matter explain soil respiration temperature sensitivity? *Biogeochemistry* 107:423–436.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 17/12/20
Kabul/Accepted: 12/03/21
DOI: 10.33462/jotaf.842505

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Soya Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği

Applicability of Pedotransfer Models between Yield Parameters and Some Chemical Soil Properties of SoybeanPlant

Nalan KARS[1], İmanverdi EKBERLİ[2*]

Öz

Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovasında yetiştirilen soya bitkisinin verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine dayanarak, bu özellikler arasında pedotransfer modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, ovanın çiftçiler tarafından soya tarımı yapılan arazilerinden rastgele örnekleme metodu ile alınan 40 toprak ve bitki örneklerinde analizler yapılmıştır. Soya bitkisinin bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da^{-1} arasında değişmiştir. Soya bitki boyu değeriyle bin tane ağırlığı arasında önemli pozitif (0.476*); bitki boyu ile topraklardaki bakır (Cu) miktarı arasında ise çok önemli pozitif ilişkiler (0.484**) belirlenmiştir. Soya tane verimi değeri ile topraklardaki potasyum (K) ve fosfor (P) miktarları arasında önemli pozitif ilişkiler (0.384* ve 0.382*) saptanmıştır. Bitki boyu ile azot (N), P, K, organik madde (OM), katyon değişim kapasitesi (KDK), elektriksel iletkenlik (EC), Cu), kireç ($CaCO_3$) parametreleri arasındaki pedotransfer modeli istatistiksel olarak anlamlı (p=0.078), belirleme katsayısı (R= 0.721) yüksek; bin tane ağırlığı ile EC, OM, KDK, kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), N, P, K, $CaCO_3$, sodyum (Na), Cu, çinko (Zn) parametreleri arasındaki model istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış, belirleme katsayısı (R= 0.664) yüksek; tane verimi ile EC, $CaCO_3$, OM, N, P, K, Zn, Mn parametreleri arasındaki modelin performansı çok yüksek (R= 0.921; p= 0.000) olarak belirlenmiştir. Verim parametreleri ile toprakların kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde belirleme katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) birlikte değerlendirilmiştir. Deneysel verilere göre elde edilen pedotransfer modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki verilerden kullanılmıştır. Elde edilen pedotransfer modellerin, ova topraklarında yetiştirilen soya bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal toprak özellikleri, Verim, Bitki boyu, Bin tane ağırlığı, Pedotransfer modeller

[2*]Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İmanverdi EKBERLİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye. E-mail: iman@omu.edu.tr OrcID: 0000-0002-7245-2458
[1] Nalan KARS, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun, Türkiye. E-mail: nalan.kars@tarimorman.gov.tr OrcID: 0000-0002-0609-0815
Atıf/Citation: KARS, N., EKBERLİ, İ. Soya Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 494-507.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

The aim of this study was to develop pedotransfer models on the basis of correlation between yield parameters of soybean (plant height, thousand seed weight, and seed yield) and some chemical characteristics of soils and to determine applicability of obtained models in estimation of plant yield grown in soils of Çarşamba Plain. For this purpose, 40 soil and plant samples taken from the fields of the plain where soybean cultivation is carried out by the farmers were analyzed by random sampling method. The values of the yield indices of soybean plant, namely PH, TSW and SY varied between 172.33-351.22 cm, 167.54-450.75 g and 833.58-1584.37 kg da^{-1} respectively. There was a significant correlation (0.476*) between PH value of soybean plant and TSW, as well as between PH value and copper (Cu) content (0.484**) of the soil. A significant positive correlation (0.384* ve 0.382*) was found seed yield value and potassium (K) and phosphorus (P) contents of the soil. Pedotransfer models between soybean plant height and soil properties of nitrogen (N), P, K, organic matter (OM), electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), Cu, lime ($CaCO_3$) high coefficient determination (R= 0.721) and was significant (p=0.078); Model between thousand seed weight and EC, OM, BD, calcium+ magnesium (Ca+Mg), N, P, K, $CaCO_3$, sodium (Na), Cu, zinc (Zn), resulted in R=0.664 and was insignificant; and model between seed yield and EC, $CaCO_3$, OM, N, P, K, Zn, Mn yielded R= 0.921 and it was highly significant (p= 0.000). Determination coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (d), model efficiency (ME) were evaluated together to determine the validity of regression models. In determining the validity of the pedotransfer models obtained according to the experimental data, the data except the values used in the creation of the models were used. In general, statistical parameters were within validity limits. The results suggested that the developed regression models can be applied in the estimation of yield parameters in soybean grown in study area.

Keywords: Chemical properties of soils, Yield, Plant height, Thousand seed weight, Pedotransfer models

1. Giriş

Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla ürün almak için kullanılan kimyasal gübre, toprak düzenleyicileri, endüstriyel ve evsel atıklar, kalitesiz sulama suları vb. faktörler zamanla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişmelere sebep olmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilir olması, üretimin ana kaynağı olan toprağın korunmasına ve rasyonel kullanılmasına bağlı olup, toprak özelliklerinin optimum düzeyde değişimiyle ilişkili olmaktadır. Toprak özelliklerinin değişimine bağlı olarak bitki veriminin belirlenmesi ve tahmin edilmesinde çeşitli yöntemlerden (tarla ve laboratuvar denemeleri, bilgisayar programları, teorik ve deneysel modeller vb.) kullanılmaktadır. Yerel ve bölgesel düzeyde deneysel olarak daha kolay belirlenebilen fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin birikimi, deneysel modellerin uygulamasının kolaylığı, pedotransfer modellerinin ekoloji, hidroloji, çeşitli mühendislik dallarında olduğu gibi, tarım alanlarında da yapılmasının gelişimini sağlamıştır.

Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri toprak oluşum süreçlerine, verimliliğe ve bitki gelişimine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Dolayısıyla, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi verimliliğin korunması, tahmin edilmesi ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulmasında gereklidir (Bayraklı ve ark., 1999; Taban ve ark., 2004; Ekberli ve Dengiz, 2016; 2017; Kars ve Ekberli, 2019). Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, pedotransfer modellerin (regresyon modellerin) amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Bu modellerin yardımıyla, karşılıklı etkileşmede olan özelliklerin bir biriyle matematiksel ifadesi; temel toprak özelliklerine bağlı olarak diğer özelliklerin belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Pedotransfer fonksiyonlar toprak biliminin birçok alanında (toprağın hidrolik iletkenliğinin ve infiltrasyon katsayısının, hava-su gibi diğer transfer katsayılarının; bitki verimi ve kalite parametrelerinin toprağın elektriksel iletkenliği ile ilişkisinin; bitkinin farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesinde; toprak mekaniğinde; toprakların fosfat rejiminin tahmini için sorpsiyon ve desorpsiyon eğrisinin hesaplanmasında) yaygın olarak kullanılmaktadır (McBride ve Joosse, 1996; Shein ve Arkhangelskaya, 2006; Huang ve ark., 2014; Gülser ve Candemir, 2014; Dorsey ve Hardy, 2018; Öztürk ve Korkut, 2018; Yegül ve ark., 2019).

Soya fasulyesi (*Glycine max* L. *Merill*.) tanesinde bulunan ortalama %18-20 yağ, %40 protein, %30 karbonhidrat, %5 mineral madde (Ca, Fe, Zn) ve çok sayıda vitamin (A, B1, B2, C, D, E ve K) ile bitkisel yağ sanayisi ve gıda endüstrisinin, küspesi ile de hayvan beslenmesinin önemli bir ham maddesidir (Arıoğlu, 2000; Unakıtan ve Aydın, 2012.). Karadeniz bölgesinin en önemli tarımsal potansiyeline sahip olan Çarşamba Ovası'nda, soya bitkisinin ekim alanı 659 ha, üretimi 2796 ton ve verimi ise 424 kg da^{-1}'dır (Anonim, 2016). Toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri, iklim koşulları, toprak işleme yöntemleri, tohum çeşidi gibi faktörler soya bitkisinin verimliliğine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Bölgede çiftçiler tarafından yapılan eki

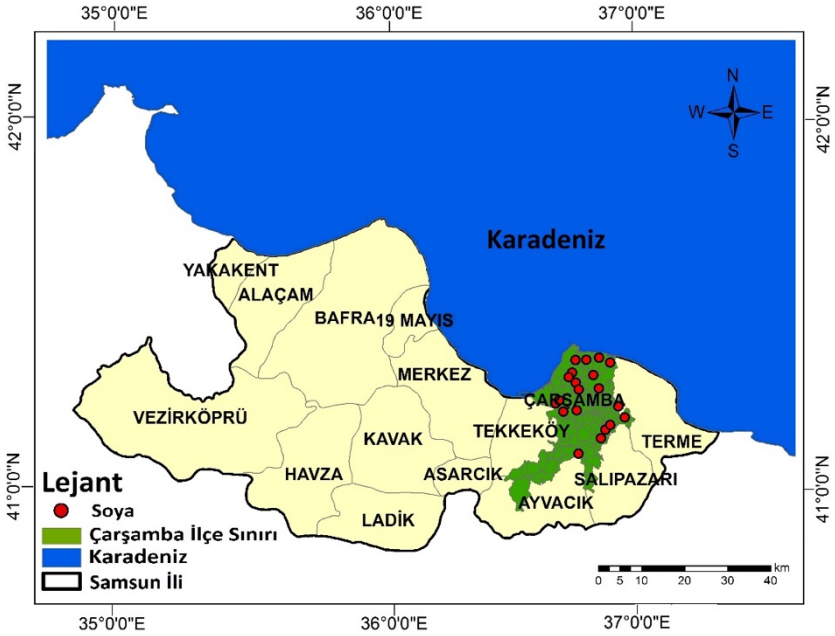
m çalışmalarında gerekli tarımsal uygulamaların yapılmaması, toprak yapısının bozulmasına, toprakların besin maddesi yönünden fakirleşmesine ve dolayısıyla bitkilerde verim düşüklüğünün meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, ovanın soya yetiştirilen topraklarının fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin dağılımının belirlenmesi; verim ve toprak özellikleri arasındaki pedetransfer modellerin oluşturulması önemli olup, verimin tahmininde kullanılma olanağı sağlamaktadır.

Pedetransfer modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı istatiksel parametrelerden kullanılması, model oluşturulmasında önemli ve gerekli aşamalardan biridir. Birçok araştırmacı tarafından pedetransfer fonksiyonların uygulanabilirliğini belirlemek için; hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), maksimum nispi hata (MNH), mutlak hata (MH), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; To ve Kay, 2005; Budka ve ark., 2015; Ghorbani ve ark., 2015; Cueff ve ark., 2021).

Bu araştırma; Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemiyle soya yetiştirilen tarım topraklarının bazı kimyasal özellikleri ile soya bitkisinin verim parametreleri arasındaki korelasyon ilişkilere dayanarak, bu özellikler arasında pedotransfer modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Araştırma; 2013-2014 yıllarında Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından tarım yapılan arazilerden 0-20 cm derinlikten rastgele örnekleme metodu ile Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde her yıl için 20 toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Aynı alanlardan bitki örneklerinin alınmasında Anonim (2013)'de gösterilen yöntem kullanılmıştır. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar *Şekil 1*'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu, toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktalar

Figure 1. Locations where soil and plant samples were taken

Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Çarşamba Ovası, güneyde Canik dağları ile kuzeyde ise Karadeniz ile sınırı bulunan Yeşilırmak'ın oluşturduğu bir delta ovasıdır. Ova 0-50 m kotları arasında, 103.766 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Çarşamba Ovası doğu-batı istikametinde 65 km, güney-kuzey istikametinde ise 35 km uzunluğa sahiptir. Ova taban arazilerinin genel eğimleri güney-kuzey istikametinde olup ortalama eğim % 0.1'dir. Bu eğim, deniz kenarına yaklaştıkça % 0-0.02'ye kadar düşmektedir. Yamaç arazilerde ise eğim, % 2-40 arasında değişmektedir. Ova; bitki örtüsü yönünden çok zengin olup, 58921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada soya bitkisi 659 hektar alanda yetiştirilmektedir. Ova toprakları alüviyal ve kısmen de kolüviyal (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir (Anonim, 1984). Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir (Turan ve ark., 2018).

Alınan toprak örneklerinde toprak reaksiyonu (pH), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Bayraklı, 1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç ($CaCO_3$), Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak (Kacar, 1994); organik madde (OM), Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) ve toplam azot (N) Kjeldahl yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) belirlenmiştir. Toprakların yarayışlı fosfor (P) içeriği, mavi renk yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954); değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na), toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH= 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA titrasyonu ile (Sağlam, 1997); katyon değişim kapasitesi (KDK), Bower yöntemine göre (Anonymous, 1954); alınabilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) içerikleri ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekli ile (0.005 M DTPA + 0.01 M $CaCI_2$ +0.1 M TEA, pH= 7.3) tespit edilmiştir. Soya bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Toprak ve bitki analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler ile toprak özellikleri ve bitki agronomik parametreleri arasındaki korelasyonlar SPSS 17.0 paket programında hesaplanmış, agronomik parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan regresyon modeller ise, Minitab 17.0 paket programında oluşturulmuştur.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d) ve model etkinliği (ME) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - y_i\right)^2} \quad \text{(Eş.1)}$$

Eşitlik 1'de, n-verilerin sayı ve $n < 30$ ise $m = n - 1$, $n > 30$ ise $m = n$; x_i- ölçülen; y_i- hesaplanan değerlerdir.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - y_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\left|x_i - \bar{y}\right| + \left|y_i - \bar{y}\right|\right)^2} \quad \text{(Eş.2)}$$

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - y_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \bar{y}\right)^2} \quad \text{(Eş.3)}$$

Eşitlik 2 ve 3'de, $\bar{y}$ hesaplanan değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), tahmin hatalarının standart sapmasını ifade etmektedir. Uygunluk indeksi (d) modelin geçerliliğinin bir göstergesi olup, d 'nin 1'e yakın olması modelin uygulanabilirliğini göstermektedir. Krause ve ark. (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile $-\infty$ arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değerin, hesaplanan değerden daha etkin olduğu belirtilmiştir. d ve ME'nin analitik ifadelerinin karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi, genel olarak d ME'den daha büyük değerler almaktadır (Willmott ve Matsuura, 2005; Willmott ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2015).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Soyanın verim parametreleri

Araştırma alanında yetiştirilen soyanın bazı verim parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Soyanın bazı verim parametrelerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Table 1. Some descriptive statistics of some yield parameters of soybean plant (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	VK, %	Çarpıklık
BB, cm	88.33	127.27	103.31	9.91	9.59	1.127
BTA, g	164.10	242.91	200.54	17.81	8.88	0.505
TV, kg da^{-1}	280.32	593.16	455.87	81.71	17.92	-0.410

BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, VK: Varyasyon katsayısı.

Tablo 1'den görüldüğü gibi, soya bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da^{-1} arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 103.31 cm, 200.54 g ve

455.87 kg da^{-1} olmaktadır. Görüldüğü gibi, istatistiksel göstergeler geçerli sınırlar (Willmott ve Matsuura, 2005) dahilinde değişmektedir. Bitki boyu ve bin tane ağırlığına ait standart sapma değerleriyle karşılaştırıldığında tane veriminin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni, tane veriminin geniş aralıkta değişimi olabilir. Varyasyon katsayısı (<20) ise verilerin homojen dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Çarpıklık değerleri ise, sağdan ve soldan sıfıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın genel olarak normale yakın olduğunu göstermektedir.

Soya bitkisi, dünyadaki en önemli baklagil bitkilerinden biridir. Soyada verim ve verim bileşenlerini etkileyen en önemli faktörlerin başında çeşit seçimi ve kullanılan tohumun kalitesi gelmektedir (Yetkin ve Arıoğlu, 2009). Soyada bitki boyu; çeşit, ekim sıklığı, ekim zamanı ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak, 30-150 cm arasında değişim göstermektedir (Arıoğlu, 2000). Homer ve ark. (2000), Karadeniz Bölgesinin sahil ve geçit bölgelerine uygun soya çeşitlerini belirlemek ve geliştirmek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada, bitki boylarının 72.9 cm ile 128.8 cm arasında, bin tane ağırlığın 157.0 g ile 298.0 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Soya verimini esas olarak tane ağırlığı ve tane sayısı belirlemekte ve tane sayısı birim alandaki bakla sayısına ve bakladaki tane sayısına bağlı olmaktadır (Karagül ve ark., 2011). Ay (2012) tarafından, Türkiye'de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine max.* l. merrill) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlendiği bir çalışmada, Terme'de en yüksek tane veriminin 570.68 kg da^{-1} ile Erensoy çeşidinde; en düşük tane verimin ise 335.50 kg da^{-1} ile Üstün 1 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir.

3.2. Soya tarımı yapılan toprakların kimyasal özelliklerinin değişimi

Ovada soya yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Soya bitkisi yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler
Table 2. Some descriptive statistics of some chemical properties of soils grown in soybean plants (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	VK, %	Çarpıklık
pH, (1:1)	7.00	8.02	7.72	0.21	2.72	-1.566
EC, dS m^{-1} (1:1)	0.40	0.98	0.60	0.14	23.33	0.881
$CaCO_3$,%	0.55	13.45	5.84	4.08	69.86	0.154
OM, %	1.61	5.05	2.89	1.03	35.64	0.724
N, %	0.11	0.30	0.15	0.04	26.66	1.571
P, ppm	1.74	38.26	13.68	10.08	73.68	0.890
K, cmol kg^{-1}	0.17	1.17	0.56	0.20	35.71	0.783
Ca+Mg, cmol kg^{-1}	29.03	94.39	50.52	17.02	308.33	0.692
Na, cmol kg^{-1}	0.35	2.46	1.37	0.70	51.09	-0.346
KDK, cmol kg^{-1}	30.05	96.96	52.47	17.30	32.97	0.693
Fe, ppm	21.99	60.74	33.85	9.65	28.50	0.858
Mn, ppm	4.95	31.49	11.68	5.27	45.11	2.679
Cu, ppm	2.27	9.37	5.81	1.61	27.71	0.031
Zn, ppm	0.29	1.26	0.58	0.19	32.75	1.503

H: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik; $CaCO_3$: Kireç; OM: Organik madde; N: Azot; P: Fosfor; K: Potasyum; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum; Na: Sodyum; KDK: Katyon değişim kapasitesi; Fe: Demir; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Zn: Çinko; VK: Varyasyon katsayısı.

Tablo 2'den görüldüğü gibi, soya yetiştirilen topraklar genellikle nötr ile hafif alkalin reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz ile orta kireçli ve organik madde içeriği orta düzeyde belirlenmiştir. Toprakların azot miktarı genellikle orta, fosfor kapsamı çoğunlukla az ve iyi, potasyum kapsamı çoğunlukla orta düzeyde saptanmıştır. Topraklardaki KDK miktarı genellikle yüksek ve çok yüksek arasında, sodyum miktarı orta ile yüksek arasında, demir kapsamı çoğunlukla orta ile yüksek arasında değişmekte, mangan kapsamı genellikle düşük düzeyde, bakır kapsamı çok yüksek, çinko kapsamı çoğunlukla çok düşük düzeyde belirlenmiştir. Toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri ise genel olarak güvenirlilik sınırları dahilinde olup, normala yakın dağılım göstermektedir. Kültivasyon işlemleri ile organik madde, kireç, gübre ve sentetik toprak düzenleyicilerinin toprağa ilavesi gibi antropojenik etkiler toprak özelliklerinin (P, $CaCO_3$, Ca+Mg) geniş aralıkta değişimine, dolayısıyla değerlerin heterojen dağılımına ve varyasyon katsayılarının yüksek olmasına sebep olabilmektedir.

3.3. Soya bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın bazı kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler

Soya bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı kimyasal parametrelerine ait korelasyon katsayıları (r) *Tablo 3*'te verilmiştir.

Tablo 3. Soya bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi
Table 3. Correlation matrix for some yield parameters of soybean plant and chemical properties of soil

Özellikler	BB, cm	BTA, g	TV, kg da^{-1}
BB, cm	1		
BTA, g	0.476*	1	
TV, kg da^{-1}	0.199	0.131	1
pH, (1:1)	0.017	-0.137	0.115
EC, dS m^{-1} (1:1)	0.194	0.181	0.307
$CaCO_3$,%	0.266	0.182	-0.070
OM, %	0.059	0.321	0.140
N, %	0.189	0.328	0.336
P, ppm	0.172	0.258	0.382*
K, cmol kg^{-1}	0.321	0.142	0.384*
Ca+Mg, cmol kg^{-1}	0.213	0.267	0.004
Na, cmol kg^{-1}	0.000	0.389*	-0.347
KDK, cmol kg^{-1}	0.213	0.280	-0.006
Fe, ppm	0.101	-0.090	-0.004
Mn, ppm	-0.339	-0.108	-0.365
Cu, ppm	0.484**	0.230	0.273
Zn, ppm	-0.026	0.275	-0.254

** p≤ 0.01 hata düzeyinde çok önemli, * p≤ 0.05 hata düzeyinde önemli

Soya BB değeriyle BTA'ı arasında önemli pozitif (0.476*); BB ile topraklardaki Cu miktarı arasında ise çok önemli pozitif ilişkiler (0.484**) belirlenmiştir. Ersoy ve Arıoğlu (1988), bitki boyu ve 1000 tane ağırlığı arasında olumsuz bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir. Soya bitkisi TV değeri ile topraklardaki K ve P miktarları arasında önemli pozitif ilişkiler (0.384* ve 0.382*) saptanmıştır. Topraklarda fosfor noksanlığının verim üzerinde önemli bir etkisi olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Chien ve Menon 1995; Fageria ve ark., 2013a; Moreira ve ark., 2017). Soya bitkisi BTA'ı ve toprakların Na içeriği arasında önemli pozitif ilişki (0.389*) belirlenmiştir. Soya bitkisinin verim parametreleriyle, toprakların diğer kimyasal parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Soya bitkisinin tane verimi üzerine, bakla sayısı doğrudan etkiye sahip olmakta; tane verimi ve 100 tane ağırlığı arasında önemli derecede yüksek ve pozitif ilişki bulunmaktadır (Rajput ve ark., 1987). Çetin (2010), soya bitkisinin verim ve bazı kalite özelliklerine ait bir araştırmada, fosforun bitki boyu üzerine etkisini önemli bulurken, bin tane ağırlığı üzerine etkisini ise önemsiz bulmuştur. Arslanoğlu ve ark. (2005), Karadeniz Bölgesi'nde 2 yıl süreyle yürüttükleri farklı farklı olgunlaşma süresine sahip soya çeşitlerinin verim potansiyellerinin belirlendiği araştırmada; dekara verim ile bitki boyu arasında pozitif önemli ilişki bulmuşlardır. Tayyar ve Gül (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, iki yıllık deneme sonuçlarına göre verim ile bitki boyu arasında (r=0.30**) pozitif önemli bir ilişki saptanmıştır

3.4. Soyanın verim parametreleri ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller *Tablo 4*'de verilmiştir. Pedotransfer modellerinin oluşturulmasında verim parametreleri ile toprakların bazı kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (*Tablo 3*) dikkate alınmıştır.

Soya bitki boyu ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki (1)-(3) pedotransfer modellerinden (*Tablo 4*) görüldüğü gibi, regresyon katsayıları 0.539 ile 0.721; F değerleri 2.17 ile 3.38; p değerleri ise 0.026 ile 0.083 arasında değişmektedir. F değeri etkileşim ve ana etkenlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılmakta, p değeri azaldıkça F'nin değeri artmaktadır. $CaCO_3$, OM, KDK, Cu, N, P, K parametrelerini ve bu parametre değerlerinin karesini, çarpımını, karekökünü de kapsayan 3. modelde belirleme katsayısı en yüksek (R=0.721); KDK, EC, $CaCO_3$, OM içeren 1. modelde ise en düşük (R=0.539) saptanmıştır. p değerlerine göre her iki modelde istatistiksel olarak anlamlılık (p<0.10) eğilimi dahilinde bulunmuştur. BTA ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki modellerin regresyon katsayıları 0.538 ile 0.664 arasında değişmektedir. Soya bin tane

ağırlığı ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamasına rağmen, 6. modelde belirleme katsayısı (R=0.664) yüksek düzeyde saptanmıştır. Elde edilen regresyon ilişkilerinde toprak özelliklerinin farklı biçimlerde nicel olarak dahil edilmesi modellerin performansını yükseltmiştir.

Tablo 4. Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

Table 4. Pedotransfer models between soybean plant height, thousand seed weight, seed yield and some chemical characteristics of soils

	Modeller	R	F	p
1.	BB = 78.5 + 0.383 KDK + 13.8 EC + 1.20 $CaCO_3$ - 3.69 OM	0.539	2.36	0.083
2.	BB = 213 - 0.665 $\sqrt{KDK \times EC \times OM}$ - 636 $\sqrt{N}$ + 798 N + 3.68 Cu	0.608	3.38	0.026
3.	BB = 228 + 937 N - 0.077 P + 13.3 K + 0.15 $\sqrt{KDK \times EC \times OM}$ + 1.63 Cu + 0.0443 $(CaCO3)^2$ + 0.00238 $(KDK)^2$ - 0.766 $(OM)^2$ - 743 $\sqrt{N}$	0.721	2.17	0.078
4.	BTA = 184 + 58.3 EC - 43.4 OM + 0.693 KDK - 0.241 (KDK×EC×OM) + 7.63 Na + 105 N + 7.35 $(OM)^2$	0.538	1.17	0.364
5.	BTA = 536 + 0.594 KDK + 23.3 EC + 0.77 $CaCO_3$ - 4.3 OM + 1.28 $(OM)^2$ - 1780 $\sqrt{N}$ + 2085 N + 0.211 P – 1.42 Cu - 0.067 (KDK×EC×OM)	0.601	0.96	0.509
6.	BTA = 541 + 0.00350 $(KDK)^2$ + 12.3 $(EC)^2$ + 0.60 $(OM)^2$ - 1741 $\sqrt{N}$ + 2020 N - 1.85 Cu - 0.43 Na + 19.3 Zn + 0.111 $(CaCO_3)^2$	0.664	1.58	0.195
7.	TV = 270 – 43.7 OM + 85 EC + 1158 N + 2.29 P + 82.9 K	0.609	2.60	0.054
8.	TV = 331 - 42.9 OM - 37 EC - 6.21 $CaCO_3$ + 1472 N + 1.45 P + 168 K + 13.4 Cu - 237 Zn + 1.91 Mn	0.776	3.03	0.022
9.	TV = 875 - 1019 EC - 16.1 $CaCO_3$ - 397 OM + 2595 N + 14.6 P + 754 K + 57.7 $(OM)^2$ + 790 $(EC)^2$ + 0.339 $(CaCO_3)^2$ - 185 Zn + 6.09 Mn - 402 $\sqrt{(N \times P \times K)}$	0.921	7.05	0.000

BB: Soya bitki boyu, cm; BTA: Soya bin tane ağırlığı, g; TV: Soya tane verimi, kg da^{-1} ; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m^{-1}; KDK: Katyon değişim kapasitesi, cmol kg^{-1}; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; P: Fosfor, ppm; K: Potasyum, cmol kg^{-1}; Cu: Bakır, ppm; $CaCO_3$: Kireç, %; Na: Sodyum, cmol kg^{-1} ; Mn: Mangan, ppm; Zn: Çinko, ppm.

Yapılan araştırmalar, pedotransfer modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesinin, belirleme katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Kosheleva ve ark., 2002; Gülser ve Candemir, 2014; Kars ve Ekberli, 2020). Soya tane verimi ile toprakların EC, OM, $CaCO_3$, N, P, K, Cu, Zn gibi kimyasal özellikleri arasında oluşturulan pedotransfer modellerinde regresyon katsayıları 0.609 ile 0.921; F değerleri 2.60 ile 7.05 arasında, p değerleri ise 0.000 ile 0.054 arasındadır (*Tablo 4*). En yüksek belirleme katsayısı (R=0.921) 9. model olup çok yüksek istatistiksel anlamlılık ($p<0.001$) düzeyinde bulunmuştur. Murty (2002) yaptığı bir araştırmada, meteorolojik parametreler ile soya bitkisinin bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verimi arasında pedotransfer modelleri oluşturmuştur. Araştırmacı, bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verim modelleri için çoklu regresyon katsayı (R^2) değerlerini sırasıyla 0.97; 0.93; 0.93 olarak saptamıştır. Ovando ve ark. (2018) soyada tane verimini tahmin etmek için; solar radyosyon ve yağış değerleri ile toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerini kullanarak pedotransfer modelleri oluşturmuşlar ve en yüksek belirleme katsayı (R^2) değerini 0.849 olarak hesaplamışlardır. Fageria ve ark. (2013b) tarafından, kirecin soya verimi ve verim unsurları üzerine yaptıkları bir araştırmada, verim ile toprağın kimyasal özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde Y=f(x) biçiminde ikinci dereceden regresyon denklemlerinden kullanılmış, belirleme katsayılarını 0.863 ile 0.522 arasında değiştiğini ve %1 olasılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

3.5. Verim Parametreleri ile Toprak Özellikleri Arasında Oluşturulan Pedotransfer Modellerin Geçerlilikleri

Deneysel verilere göre elde edilen pedotransfer modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang ve ark., 2016). Soya bitkisinin BB, BTA ve TV ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler *Tablo 5*'te verilmiştir.

Tablo 5. Soya bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimine (TV) ait pedotransfer modellerin bazı istatistiksel parametreleri

Table 5. Some statistical parameters of pedotransfer models of maize plant height, thousand seed weight and seed yield

Modeller (No)	R	HKOK	*d*	ME
BB (3)	0.721	6.627	0.984	-0.167
BTA (6)	0.664	6.845	0.995	0.648
TV (9)	0.921	34.201	0.997	0.794

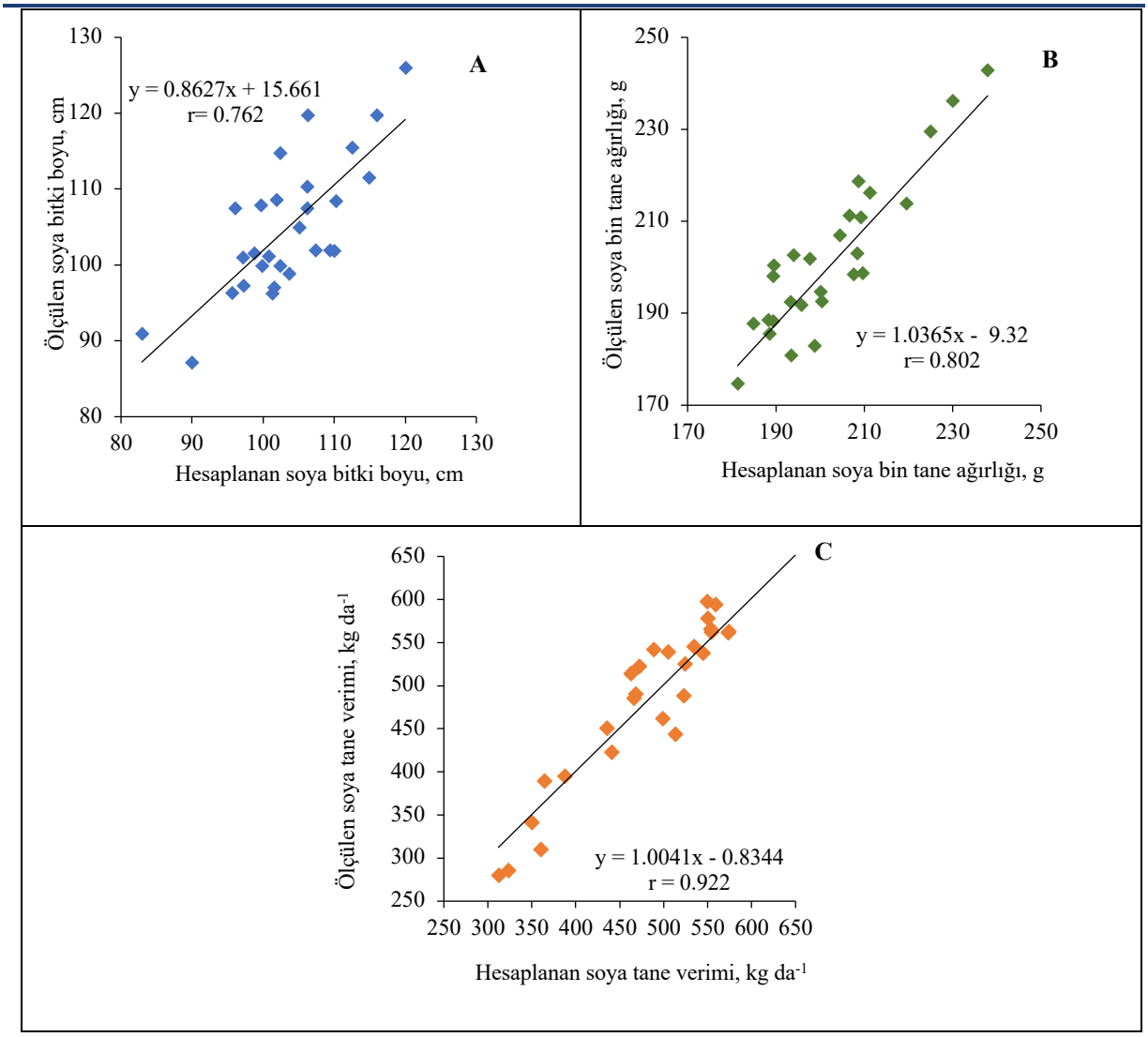
BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, R: Belirleme katsayısı, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü, d: Uygunluk indeksi, ME: Modelin etkinliği.

Tablo 5'ten görüldüğü gibi, modelin uygunluk indeksi (d) 1'e yakın, modelin etkinliği 1'den büyük olmakta, hata kareler ortalamasını karekökü ise yüksek olmamakta, aynı zamanda d değerleri ME'den büyük olmaktadır. Bu nedenle, pedotransfer modellerine ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dahilinde değişmektedir (Krause ve ark., 2005; Wang ve ark., 2016). Sentelhas ve ark. (2015) tarafından Brazilya'nın her bir bölgesindeki soya tane verim tahmini için oluşturulan modelin d değeri 0.87 olarak belirlenmiştir. Ovado ve ark. (2018) Arjantin soya yetiştirilen topraklarında 2006-2016 yılları arasında yürüttükleri çalışmalarında, iklim verilerine bağlı olarak soya verimi tahmini için kulladıkları modelde belirleme katsayısını 0.849 olarak saptamışlardır. Kumar ve ark. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, farklı 3 çeşit soya bitkisinin tane verimlerinin tahmini için kullandıkları modele ait HKOK değerlerini sırasıyla 86.0 kg ha^{-1}, 123.9 kg ha^{-1}; 28.6 kg ha^{-1} olarak hesaplanmışlardır.

Pedotransfer modellerin yapılmasındaki bazı sınırlamalara rağmen, modelin yapılmasının ve uygulamasının kolay olması araştırmacılar için avantaj sağlamakta (Tamari ve ark., 1996; Schaap ve ark., 2001) ve aynı zamanda modellerinin toprak özelliklerine, çevresel değişkenlere bağlı olarak toprak özelliklerinin mekânsal değişimine dayanan sınıflandırması da söz konusu olmaktadır (Minasny ve McBratney, 2008).

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin üçüncü modele göre hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması *Şekil 2*'de verilmiştir. Soya BB, BTA, TV ile toprakların kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon değerleri sırasıyla 0.762, 0.802 ve 0.753 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Şaylan (1996) tarafından soya bitkisinin gelişimi ve veriminin tahmin edilmesine ait yapılan bir modelleme araştırılmasında, hesaplanan verimin gerçek verimden %14.6 düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırıcı, bu farklılığın, modelin deneme alanına göre düzenlenmemesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bhatia ve ark. (2008), soya yetiştirilen alanlardan alınan 21 adet toprak örneklerinde yaptıkları analiz sonuçlarına bağlı olarak, soya bitkisinin verimini tahmin etmek için kullandıkları modelde, soya verimini 2170 kg ha^{-1}, bu alanlardaki gerçek verim ortalamasının 1000 kg ha^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Su sınırlaması varsayımında model yardımıyla hesaplanan soya verimi ile çiftçilerin elde ettiği gerçek verim değerleri arasındaki farkın, ürünün yetiştiği mevsimdeki yağış miktarı düşük olduğunda azaldığını, yağış miktarı artığında ise önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.



Şekil 2. Soya bitki boyu (A), bin tane ağırlığı (B), tane veriminin (C) hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ilişki

Figure 2. The relationship between calculated and measured plant height (A), thousand seed weight (B), seed yield (C)

4. Sonuç

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişimi, bitki verimine önemli düzeyde etki yapan faktörlerden biridir. Çarşamba Ovasında geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak soya bitkisi yetiştirilen tarım alanlarının bazı kimyasal özellikleri ve soya bitkisinin verim parametreleri belirlenmiş; bu özellikler arasındaki korelasyon ilişkiler saptanmış ve bitkilerin bazı verim unsurları ile toprakların bazı kimyasal özellikleri arasında pedotransfer modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan pedotransfer modellerin toprak özellikleri değerlerinin çarpımını, karesini ve karekökünü içeren çok terimli ile ifade edilmesi, belirleme katsayısının yükselmesine ekti yapan faktördür. Ölçülen ve pedotransfer modellerine göre hesaplanan verim parametrelerinin karşılaştırılması; elde edilen pedotransfer modellerin araştırma bölgesinin soya yetiştirilen topraklarında verim parametrelerinin tahmini için uygulanabilirliğini göstermiştir. Soya bitkisinin tane verimi ile toprağın $CaCO_3$, OM, N, P, K, $(OM)^2$, $(EC)^2$, $(CaCO_3)^2$, Zn, Mn, $\sqrt{(N \times P \times K)}$parametreleri arasındaki model en yüksek performansa sahip olmaktadır. Bu modellerin daha yüksek düzeydeki başarısı, soya bitkisinin optimum verim seviyesine sahip olduğu alanlarda yapılacak çalışmalara bağlıdır. Tarımsal ve çevresel faktörleri ile daha çok sayıda toprak ve bitki verilerinin modellere dahil edilmesiyle tahmin sonuçlarının daha iyi olabileceği düşünülmektedir. Pedotransfer modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığı dikkate alınarak, yerel ve bölgesel düzeyde çeşitli

bitkiler için farklı modellerin yapılabilmesi için, toprak özelliklerine ve bitkilerin verim unsurlarına ait veri bankasının oluşturulması gereklidir. Modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesinde toprak ve iklim koşullarının benzer olduğu çalışma alanlarının toprak ve bitki verilerinden kullanılması gerekmektedir. Kültivasyon işlemlerinin düzenli yapılmaması, iklim koşullarının değişimi, toprak özelliklerinin ve ürün miktarının optimum düzeyde olmaması gibi faktörler, hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkmasına, dolayısıyla da pratikte uygulanabilir modellerin yapılmamasına neden olabilmektedir. Modellerin kalibrasyonu için, modellerin yapıldığı bölgedeki diğer verim parametrelerin ölçüm değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Pedotransfer modellerin geliştirilmesi toprak bilgi sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olacaktır.

Kaynakça

Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G. (2000). The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(4): 315-327.

Anonim, 1984. Samsun İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. İl rapor No: 55; Genel yayın No: 748.

Anonim. (2013). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/End%C3%BCstri%20Bitkileri/soya.pdf) (Erişim tarihi: 25.01.2019)

Anonim. (2016). Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. http://www.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi: 17.04.2017).

Anonymous. (1954). U.S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. (Ed L.A. Richards). USDA Agriculture Handbook No: 60, U.S. Goverment Printing Office, Washington.

Arıoğlu, H. (2000). Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:220, Adana.

Arslanoglu, F., Aytac, S., Karaca E. (2005). The Determination of yield criteria of some soybean (*Glycine max* L.) varieties sowed in Samsun and Sinop locations for second crop production. The Sixth Field Crops Congress of Turkey. In: M. Karaca and M. Bilgen (Editors), Proceeding, vol I: 387-392.

Ay, B. (2012). *Türkiye'de ıslah edilmiş yeni soya* (*Glycine Max.* L. Merrill) *çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 51, Samsun.

Bayraklı, F. (1987). Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.

Bayraklı, F., Ekberli, İ.A., Cülser, C. (1999). Azerbaycan mil ovası topraklarının verimlilik düzeylerinin deneysel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 138-153.

Bhatia, V.S., Singh, P., Wani, S.P., Chauhan, G.S., Kesova, A.V.R., Mishra, A.K., Srinivas, K. (2008). Analysis of potential yields and yield gabs of rainfed soybean in İndia using GROPGRO-Soybean Model. *Agricultural And Forest Meteorology*, 148: 1252-1265.

Budka, A., Lacka, A., Gaj, R., Jajor, E., Korbas, K. (2015). Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.

Chien, S.H., and R.G. Menon. (1995). Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research*, 41:227-34.

Cueff, S., Coquet, Y., Aubertot, J-N., Bel, L., Pot, V., Alletto, L., (2021). Estimation of soil water retention in conservation agriculture using published and new pedotransfer functions. *Soil & Tillage Research*, 209: 104967.

Çetin, H. (2010). *Soyada fosforlu gübrelemenin verim ve kalite unsurlarına etkilerinin belirlenmesi ve Konya yöresinde soya için uygun fosfor dozunun tespit edilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Konya.

Dorsey, J.W., Hardy, L.C. (2018). Sustainability factors in dynamical systems modeling: Simulating the non-linear aspects of multiple equilibria. *Ecological Modelling*, 368: 69-77.

Ekberli İ, Dengiz O (2016). Bazı Inceptisol ve Entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısısal yayınım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5 (2): 1-10.

Ekberli, İ., Dendiz, O. (2017). Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyon üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik özellikler ve fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1): 15-27.

Ersoy, T., Arıoğlu, H.H. (1988). Ön Üretim İzni Almış Bazı Soya (*Glycinemax.* L.Merr.) Çeşitlerinin Çukurova Bölgesinde II. Ürün Olarak Yetiştirilebilme Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1):59-71.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., Moreira, A., Moraes. L.A.C. (2013a). Soil phosphorous influence on growth and nutrition of tropical legume cover crops in acidic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:3340-64.

Fageria, N.K., Moreira, A., Castro, C., Moraes, M.F. (2013b). Optimal Acidity Indices for Soybean Production in Brazilian Oxisols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:20, 2941-2951.

Ghorbani, H., Kashi, H., Moghadas, N.H., Emamgholizadeh, S. (2015). Estimation of soil cation exchange capacity using multiple regression, artificial neural networks, and adaptive neuro-fuzzy inference system models in Golestan province, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(6): 763-780.

Gülser, C., Candemir, F. (2014). Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1): 77-81.

Homer, A.D., Özçelik, H., Üstün, A. (2000). Karadeniz bölgesi soya ıslahı çalışmaları. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Samsun, 1999 Yılı Teklif, Gelişme ve Sonuç Raporları, S: 22-30, Samsun.

Huang, F., Zhan, W., Ju, W., Wang, Z. (2014). Improved reconstruction of soil thermal field using two-depth measurements of soil temperature. *Journal of Hydrology*, 519: 711-719.

Jackson, M.L. (1962). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 219-221.

Kacar, B. (1994). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.

Karagül, E.T., Ay, N., Meriç, Ş., Huz, E. (2011). Ege Bölgesi'nde ana ürün olarak yetiştirilen bazı soya genotiplerinin verimi, verim öğeleri ve nitelikleri üzerinde bir araştırma. *Journal of Anadolu*, 21(2): 59-66.

Krause, P., Boyle, D.P., Base, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89-97.

Kars, N., Ekberli, İ. (2019). Çarşamba ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 18-28.

Kars, N., Ekberli, İ., (2020). The relation between yield indices of maize plant and soil physicochemical characteristics. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(1): 52-59.

Kosheleva, N.E., Kasimov, N.S., Samonova, O.A. (2002). Regression models fort he behavior of heavy metals in soils of the Smolensk-Moskow Upland. *Pocvovedeniye*, 8: 954-966.

Kumar, A., Pandey, V., Shekh, A.M., Dixit, S.K., Kumar, M. (2008). Evaluation of cropgro-soybean (*glycine max.* l. merrill) model under varying environment condition. *American-Eurasian Journal of Agronomy*, 1(2): 34-40.

Kumar, P., Sarangi, A., Singh, D.K., Parihar, S.S., Sahoo, R.N. (2015). Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat cropunder irrigated saline regimes using SWAP model. *Agricultural Water Management*, 148: 72-83.

Lindsay, L., Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.

McBride, R.A. and Joosse, P.J. (1996). Overconsolidation in Agricultural Soils: II. Pedotransfer Functions for Estimating Preconsolidation Stress, *Soil Science Society of America Journal*, 60: 373–380.

Minasny, B., McBratney, A.B. (2008). Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 94: 72-79.

Moreira, A., Moraes, L.A.C, Moretti, L.G. (2017). Yield, yield components, soil chemical properties, plant physiology, and phosphorus use efficiency in soybean genotypes, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(20): 2464-2476. DOI: 10.1080/00103624.2017.1416126.

Murthy, V.R.K. (2002). Crop growth modeling and its applicatıons in agricultural meteorology. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 235-261.

Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A. (1954). Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circular, 9398: 1-19.

Ovando, G., Sayago, S., Bocco, M. (2018). Evaluating accuracy of DSSAT model for soybean yield estimation using satellite weather data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 138: 208-217.

Öztürk, İ., Korkut, K.Z., (2018). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L)'ın farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 15(2): 128-137.

Rajput, M.A., Sarwar, G., Tahir. K.H. (1987). Variability for some quantitative traits in soybean. *Soybean Genetics Newsletter*, 14: 113-116.

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, pp. 105-106.

Sağlam, M.T. (1997). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.

Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten, M.T. (2001). ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal Hydrology*, 251: 163-176.

Sentelhas, P.C., Battist, R., Câmara, G.M.S., Farias, J.R.B., Hampf, A.C., Nendel, C. (2015). The soybean yield gap in Brazil magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *Journal of Agricultural Science*, 153: 1394–1411.

Shein, E.V., Arkhangelskaya, T.A. (2006). Pedotransfer functions: state of the art, problems, and outlooks. *Pocvovedeniye,* 10: 1205-1217.

Şaylan, L., (1996). Soya veriminin CRPSM modeli ile belirlenmesi. Kültür Teknik Derneği Toprak Su Dergisi, 5(1): 12-17.

Taban, S., Çıkılı, Y., Kebeci, F., Taban, N., Sezer, S.M. (2004). Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 297-304.

Tamari, S., Wösten, J.H. M., Ruiz-Suárez, J.C. (1996). Testing an artifi cial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1732-1741.

Tayyar Ş., Gül, M.K., (2007). Bazı soya fasulyesi (glycine max (l.) merr.) genotiplerinin ana ürün olarak Biga şartlarındaki performansları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 17(2): 55-59.

To, J., Kay, B.D., (2005). Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma,* 126: 261-276.

Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ. (2018). Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2): 131-142.

Unakıtan, G., Aydın, B., (2012). An econometric analysis of soybean production in Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty,* 9(1): 6-14.

Wang, L., Lia, X., Chen, Y., Yang, K., Chen, D., Zhou, J., Liu, W., Qi, J., Huang, J., (2016). Validation of the global land data assimilation system based onmeasurements of soil temperature profiles. Agricultural and Forest Meteorology, 218-219: 288-297.

Willmott, C.J., Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1): 79-82.

Willmott, C.J., Robeson, S.M., Matsuura, K. (2012). Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.

Yegül,U., Eminoğlu, M.B., Türker,U., (2019). Buğdayın Verim ve Kalite Parametrelerinin Toprağın Elektriksel İletkenliği ile İlişkisinin Belirlenmesi *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 16(3): 270-283.

Yetkin, S.G., Arıoğulu, H. (2009). Çukurova bölgesinde ana ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 20-1: 29-37.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 24/12/20
Kabul/Accepted: 24/02/21
DOI: 10.33462/jotaf.846652

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Kısıntılı Sulama Koşullarında Yetiştirilen Kıvırcık Marulda Bitki Kök Bölgesindeki Tuzluluk Birikimi

Salinity Accumulation in the Root Area of the Curly Lettuce Grown in Deficit Irrigation Conditions

Harun KAMAN[1*], Halil DEMİR[2], İlker SÖNMEZ[3], Ersin POLAT[4], Salahudin Saed MOHAMOUD[5], Zafer ÜÇOK[6]

Öz

Bu çalışmada, kıvırcık marul bitkisi için sulama sezonu başlangıcına kıyasla sulama sezonu bitiminde meydana gelen kök bölgesi içindeki tuz birikimi durumu araştırılmıştır. 2018 yılı ilkbahar yetişme döneminde yay çatılı plastik örtülü bir serada yürütülen çalışmada, bitki materyali olarak Campania kıvırcık marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada, bitki kök bölgesinin her iki tarafının ıslatıldığı geleneksel sulama (GS125, GS100, GS75, GS50) ile birlikte ardışık yarı ıslatmalı sulama (AYIS125, AYIS100, AYIS75, AYIS50) uygulamaları ele alınmıştır. Ardışık yarı ıslatmalı sulama (AYIS) uygulamasında, sırasıyla takip eden sulamalarda ıslak ve kuru kısımlar yer değiştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle, AYIS uygulamasında, sulamalar sırasında bitki kök bölgesinin bir yarısı görece olarak ıslatılırken geriye kalan diğer yarısı görece olarak kuru bırakılmış ve bir sonraki sulamada ıslak ve kuru bırakılan kısımlar yer değiştirilmiştir. Bitki kök bölgesi tuzluluk birikimini belirlemek için sulama sezonu başlangıcında üç yinelemeli olarak araziyi temsil edecek şekilde 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerden toprak örneği alınmıştır. Benzer bir şekilde, sulama sezonu bitiminde de, yine üç yinelemeli olarak, her sulama uygulaması altında bitki kök bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Geleneksel yöntem kullanılarak, laboratuvarda toprak örneklerinden çamur süzükleri elde edilmiş ve tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. En düşük tuzluluk değeri GS100 uygulamasında 0.49 dS m^{-1} olarak ölçülürken, en yüksek tuzluluk değeri ise 1.40 0.49 dS m^{-1} olarak GS125 uygulamasında kaydedilmiştir. Genel olarak, sezon sonunda en yüksek tuzluluk artışı ilk katman (0-10 cm) için %48, ikinci katman (10-20 cm) için %34 ve üçüncü katman (20-30 cm) için %45 olarak GS125 sulama uygulamasında hesaplanmıştır. Bu artış oranları dikkate alınması gereken değerlerdir. Sonuç olarak, sürdürülebilir bir sulu tarım için yetişme sezonunda iyi bir drenaj sistemi vasıtasıyla, topraktaki tuz birikiminin etkin bir yıkama işlemiyle giderilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Marul, Kısıntılı sulama, Yarı ıslatmalı sulama, Tuz yığışımı, Drenaj, Yıkama

[1*]**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Harun Kaman, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: hkaman@akdeniz.edu.tr OrcID: 0000-0001-9308-3690

[2] Halil Demir, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: hdemir@akdeniz.edu.tr OrcID: 0000-0003-2237-5439

[3] İlker Sönmez, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: ilkersonmez@akdeniz.edu.tr OrcID: 0000-0001-7264-7805

[4] Ersin Polat, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: polat@akdeniz.edu.tr OrcID: 0000-0003-2414-5071

[5] Salahudin Saed Mohamoud, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. OrcID: 0000-0002-6574-0355

[6] Zafer Üçok, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. OrcID: 0000-0001-8380-3551

Atıf/Citation: Kaman, H., Demir, H., Sönmez, İ., Polat, E., Mohamoud, S.S., Üçok, Z. Kısıntılı Sulama Koşullarında Yetiştirilen Kıvırcık Marulda Bitki Kök Bölgesindeki Tuzluluk Birikimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,18* (3), 508-520.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Salt accumulation in the root zone at the end of the irrigation season compared to the beginning of the irrigation season was investigated for curly lettuce plants in this study. The study was conducted in a spring-roofed plastic-covered greenhouse in a spring growing season in 2018 and the Campania curly lettuce (*Lactuca sativa* var. c*rispa*) variety was used as the plant material. The conventional drip irrigation (GS125, GS100, GS75 and GS50) and partial root drying technique (AYIS125, AYIS100, AYIS75 and AYIS50) applications were investigated in the study. In the alternate partial root drying technique (APRD) application, the wet and dry parts were replaced in the following irrigations, respectively. In other words, in APRD application, while one half of the plant root area was wetted relatively during irrigation, the remaining half was left relatively dry and the parts left wet and dry in the next irrigation were replaced. In order to determine the salinity accumulation in the plant root zone, soil samples were taken from 0-10, 10-20 and 20-30 cm depths to represent the soil in three replicates at the beginning of the irrigation season. Similarly, at the end of the irrigation season, soil samples were taken from the plant root area in three replicates under each irrigation application. Mud strainers were obtained from soil samples using the traditional method in the laboratory and salinity measurements were made. While the lowest salinity value was measured as 0.49 dS m^{-1} in GS100 application, the highest salinity value was recorded as 1.40 dS m^{-1} in GS125 application. In general, the highest salinity increase at the end of the season was calculated in GS125 irrigation application as 48% for the first layer (0-10 cm), 34% for the second layer (10-20 cm) and 45% for the third layer (20-30 cm). These increase rates are values that should be taken into account. As a result, it is recommended to remove the salt accumulation in the soil by an effective washing process through a good drainage system end of the growing season for a sustainable irrigated agriculture.

Keywords: Lettuce, Deficit irrigation, Partial root drying Technique, Salt accumulation, Drainage, Leaching

1. Giriş

Salata ve marulların anavatanı ve Dünya üzerinde yayılışı ile ilgili değişik görüşler bulunmaktadır. Anadolu, Kafkasya, İran ve Türkistan anavatanı olarak kabul edilmektedir. Marullar Türkiye'de açıkta ve örtüaltında yıl boyu yetiştirilebilen sebze türleri arasındadır (Şalk ve ark., 2008). Dünya marul üretimi 2018 yılında 27.3 milyon ton olarak gerçekleşmiş, lider ülke olarak Çin bu üretimin yaklaşık 15.5 milyon tonunu karşılamaktadır. Çin'de üretilen marulun büyük bir kısmı iç tüketimde kullanılmaktadır. Dünyanın en büyük marul ihracatçıları ise sırasıyla İspanya ve ABD'dir. Dünyanın değişik coğrafyalarında 1900'lü yılların başından beri geniş ölçekte üretilmeye başlanmıştır (Anonymous, 2017; Anonymous, 2018). Türkiye'de 2019 yılında toplam 499766 ton marul üretimi gerçekleştirilmiş, bunun 198491 tonunu kıvırcık, 215725 tonunu göbekli ve 84160 tonunu ise baş salata (Iceberg) tipi marullar oluşturmuştur (Anonim, 2019). Marullar suyu çok seven bitki grubu olduğundan topraktaki su eksikliğine son derece hassastır. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların artması ve su kaynaklarının azalması nedeniyle suya olan ihtiyacın da önemli ölçüde artması beklenmektedir. Aynı zamanda nüfus artışı ve endüstriyel gelişme ile birlikte su stresi çok önemli hale gelecek, dolayısıyla bu durum, tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu hale getirecektir (Kanber ve ark., 2010). Su stresi bir ürünün büyüme ve gelişmesini ciddi şekilde sınırlayan faktörlerden birisidir (Imanishi ve ark., 2007). Kuraklığın bitki gelişimine olumsuz etkilerini en aza indirgemek için sulama önemlidir. Ancak kuraklık, tuzluluk, besin dengesizliği ve ekstrem sıcaklıklar bitkisel verimi sınırlandıran ana çevresel faktörlerdir. Sulama, tarımsal üretimde kuraklık riski etkisinin azaltmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, sulama yalnızca tarımsal üretim için değil aynı zamanda gıda güvenliğinin sağlanması açısından da önem taşımaktadır.

Bitkisel üretimde sulama uygulaması, üretimde artış sağlayan önemli bir girdidir (İstanbulluoğlu ve ark., 2006). Ancak, yanlış sulama uygulamaları tuzluluk vb sorunları ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak, sulanan alanlarda yüksek ve tuzlu taban suyu problemi meydana gelebilmektedir (Konukcu ve Akbuğa, 2006). Suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde kısıntılı sulama ile mevsim içi sulamalarda optimum ürünü sağlamak koşuluyla gerekenden daha az su uygulayarak daha fazla tarım alanının sulanması amaçlanmaktadır. Kısıntılı sulama uygulaması genel olarak bitkilerin su eksikliğine dayanıklı (dirençli) dönemlerinde yapılmaktadır. Geleneksel kısıntılı sulama uygulaması altında su kullanımının azaltılması mümkün olabilmekte; ancak, meyve verimi ve kalitesinde önemli oranda düşmeler olmaktadır (Kirda ve Baytorun, 2000). Diğer bir kısıntılı sulama uygulaması da yarı ıslatmalı sulama (YIS) uygulamasıdır. YIS uygulaması ile geleneksel sulamalarda uygulanan su miktarı belirli bir oranda azaltılarak bitki köklerinin yarısı ıslatılmakta ve takip eden sulamalarda ise diğer yarısına su verilmektedir. Böylece suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde geleneksel kısıntılı sulamaya benzer şekilde daha az su uygulayarak mevcut su kaynaklarından daha etkin şekilde yararlanılması amaçlanmaktadır (Kang ve ark., 1998). YIS uygulamasında bitki kök bölgesinin periyodik olarak yarısının ıslatılmasıyla, bilinen geleneksel kısıntılı sulama yöntemine göre su kullanım randımanının daha yüksek olabileceği ifade edilmektedir (Chaffey, 2001).

Bitkisel üretimde toprak tuzluluğu da verimi önemli oranda sınırlandırmaktadır. Bitki kök bölgesinde tuz yığışımının artması sonucu, kök bölgesi içinde iyon dengesi bozulmakta ve bunun sonucu olarak bitkilerin beslenme durumu olumsuz etkilenmektedir (Öktüren Asri ve ark., 2013). Bitki kök bölgesindeki tuzluluk, sulu tarımın en önemli sorunlarının başında gelmekte ve daha çok, sulama uygulamalarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Sulama uygulamalarında yapılan yanlışlıklar, az veya fazla su kullanımı sulama suyunun randımanını azaltmakta ve üretimde düşmelere yol açmaktadır. Aşırı sulama, taban suyu artışı ve dolayısıyla toprak tuzluluğuna neden olmaktadır (Cetin ve Kirda, 2003). Tarımda, tuzluluk problemi olan alanların miktarı giderek artmaktadır. Topraktaki tuz birikiminin sayısal değerine göre bitki veriminde önemli oranda azalmalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, sulama suyu miktarı ve uygulama biçimi hem bitkinin gereksinimini karşılamalı, hem de bitki kök bölgesinde tuz birikimine neden olmamalıdır. Bitkisel üretimde yetişme sezonu başlangıcındaki su ve toprak tuzluluğu bitki gelişimine olumsuz etkisi olmayacak kadar düşük düzeyde olsa dahi, zamanla toprakta tuz birikimi olabilmektedir. Çünkü, bitki kök bölgesine uygulanan sulama suyu azda olsa içerdiği erimiş/çözünmüş madde ve gübre uygulamaları sonucu toprakta tuz birikimine yol açmaktadır. Buna karşın, sulama suyu ve mevsim başlangıcı toprak tuzluluk değerlerinin düşük olduğu su-verim ilişkileri üzerine yürütülen araştırmalarda, genel olarak mevsim sonunda muhtemel tuz yığışımının araştırılıp irdelenmediği görülmektedir. Bu bağlamda ele alınan bu çalışmada, kıvırcık marul bitkisi için bir sulama sezonu başlangıcına göre sulama sezonu bitiminde meydana gelen kök bölgesi içindeki tuz birikimi durumu araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2018 Yılı İlkbahar Döneminde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yer alan 500 m^2 alana sahip yay çatılı plastik bir serada yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü alan 36° 54′ 00.25 kuzey enlemi ile 30° 38′ 49.07 doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 37 metredir. Araştırma alanını temsilen 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde pH (Jackson, 1967), kireç (CaCO3) (Evliya, 1964), elektriksel iletkenlik (Anonymous, 1982), bünye (Bouyoucos, 1951), organik madde (Black, 1965), toplam N (Black, 1957), alınabilir P (Olsen ve Sommers, 1982), ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg (Kacar, 1972) ve alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn analizleri (Lindsay ve Norwell, 1978) yapılmıştır. Deneme alanı toprağının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri *Tablo 1*'de verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü Şubat, Mart ve Nisan aylarında deneme alanının minimum (°C), ortalama (°C), maksimum (°C) sıcaklık değerleri ile ortalama nem oranı (%) *Tablo 2*'de görülebilir.

Tablo 1. Araştırma alanın kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the study area

Toprak özellikleri	Birim	Değer
pH	-	7.58
Kireç	%	16.62
EC	mS/cm	0.45
Bünye sınfı	%	Tın
Organik madde	%	1.57
Toplam N	%	0.077
Alınabilir P	mg/kg	53.79
Değişebilir K	mg/kg	230.1
Değişebilir Ca	mg/kg	3318.0
Değişebilir Mg	mg/kg	268.8
Alınabilir Fe	mg/kg	0.906
Alınabilir Mn	mg/kg	1.192
Alınabilir Zn	mg/kg	0.440
Alınabilir Cu	mg/kg	0.292
Alınabilir Na	mg/kg	52.9

Tablo 2. Deneme alanının şubat, mart ve nisan aylarında minimum, ortalama, maksimum sıcaklık değerleri ile ortalama nem oranı

Table 2. Minimum, average, maximum temperature values and average humidity of the study area in February, March and April

Deneme ayları	Minimum sıcaklık (°C)	Ortalama sıcaklık (°C)	Maksimum sıcaklık (°C)	Ortalama nem oranı (%)
Şubat	11.7	14.8	19.4	81.0
Mart	12.5	16.1	19.6	65.9
Nisan	16.1	19.6	24.0	59.5

Araştırmada bitkisel materyal olarak Campania kıvırcık marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır (*Şekil 1*). Çalışmada kullanılan Campania kıvırcık marul, büyük baş yapısı ve geniş adaptasyon yeteneği sayesinde ılıman sahil bölgelerinde her dönem üretime uygun bir çeşittir. Çok geç sapa kalkma özelliğinin yanı sıra yaprak rengi orta-koyu yeşil, ortalama baş ağırlığı 800–1000 g arasında değişmektedir. Olgunluk süresi yetiştirme dönemi ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmekte, sıcak dönemlerde 45-50 gün, soğuk dönemlerde ise 65-85 gündür. Marul mildiyösünün bazı ırklarına ve marul mozaik virüsüne dayanıklıdır (Anonim, 2018). Kıvırcık marul fideleri, 50×40 cm dikim mesafelerine göre seraya dikilmiştir. Araştırmada parsel büyüklüğü 2.4 m^2 ve 3 yinelemeli olarak kurulmuş, sulama suyu ve gübre fertigasyon şeklinde damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Araştırmada, bitki kök bölgesinin her iki tarafının ıslatıldığı geleneksel sulama (GS125, GS100, GS75, GS50) ile birlikte ardışık yarı ıslatmalı sulama (AYIS125, AYIS100, AYIS75, AYIS50) uygulamaları ele alınmıştır. GS125, GS100, GS75 ve GS50 uygulamalarında A-Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndaki değere göre sırasıyla %125, %100, %75 ve %50 oranlarında sulama suyu verilmiştir. AYIS125, AYIS100, AYIS75, AYIS50 uygulamalarında da yine A-Sınıfı Buhar Kabı'ndaki buharlaşmaya göre sırasıyla %125, %100, %75 ve %50 oranlarında sulama suyu hesaplanmıştır. Ancak, ardışık yarı ıslatmalı sulama (AYIS) uygulamalarında, bitki kök bölgesinin bir yarısı görece olarak sulanırken diğer yarısı görece olarak kuru

bırakılmış ve takip eden sulamalarda ıslak ve kuru kısımlar görece olarak yer değiştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle, AYIS uygulamalarında, sulamalar sırasında bitki kök bölgesinin bir yarısı görece olarak ıslatılırken geriye kalan diğer yarısı görece olarak kuru bırakılmış ve bir sonraki sulamada ıslak ve kuru bırakılan kısımlar yer değiştirilmiştir. AYIS uygulamalarında çift damla sulama lateralleri kullanılmış ve ıslak- kuru kısımlar vanalar aracılığıyla kontrol edilmiştir. Parsellere uygulanan sulama suyu miktarları A–Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan alınan buharlaşma ölçümleriyle aşağıdaki eşitlik (Eş. 1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I=K\times Ep\times A \qquad \text{(Eş. 1)}$$

Eşitlikte: I, sulama suyu (litre); K: bitki örtü yüzdesi katsayısı (örtü yüzdesi değeri bitki gelişimine bağlı olarak 19 Mart 2018'e kadar 0.30, daha sonra 0.40 olarak alınmıştır.); Ep, A–Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan ölçülen buharlaşma (mm); A, sulanan alan (m^2).

Figure 1. Campania curly lettuce variety used in the research

Şekil 1. Araştırmada kullanılan Campania kıvırcık marul çeşidi

Araştırma 2018 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında yürütülmüştür. Kıvırcık marul fideleri 5 Şubat 2018 tarihinde seraya dikilmiştir. Tüm uygulamalara 2 Mart 2018 tarihine kadar eşit bir şekilde sulamalar yapılmıştır. Anılan tarihten sonra konulu sulama uygulamalarına geçilmiştir. Sulama suyu miktarı kullanılabilir su tutma kapasitesini aşmayacak bir şekilde, yetişme dönemi ortasına dek haftada bir, daha sonra sıcaklıkların artması ve günlerin uzamasıyla birlikte haftada iki olacak şekilde sulama uygulamaları planlanmıştır.

Araştırmada kullanılan sulama suyu EC değeri 0.600 dS m^{-1} ve pH değeri ise 7.2'dir. Sulama suyu saf su olmadığı için bitkisel üretimde sulama uygulamaları sonucu bitki kök bölgesinde zamanla tuz birikimi meydana gelebilmektedir. Ayıca, besin elementi olarak gübre uygulamaları da bitki kök bölgesindeki tuz birikimine katkı sağlamaktadır. Ele alınan bu araştırmada, ilave bir tuzluluk koşulu olmadan, mevcut sulama uygulamaları ve mevcut toprak özellikleri altındaki tuz birikimi araştırılmıştır. Tuz birikimini belirlemek amacıyla, sezon başlangıcında araziyi temsil edecek bir şekilde toprak örnekleri alınmıştır. Sezon sonunda da her bir sulama uygulamasındaki kıvırcık marul bitkisi kök bölgesinden toprak örneklemesi yapılmıştır. Toprak örnekleri 0-10 cm, 10-20 cm ve 20-30 cm derinliklerden olmak üzere üç yinelemeli olarak alınmıştır. Daha sonra, geleneksel yöntemle laboratuar koşullarında çamur süzüğü çıkarılarak, toprak örneklerinde tuzluluk (ECe, dS m^{-1}) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırmada kıvırcık marul bitkisine, sulama uygulamaları (GS ve AYIS) ve sulama suyu düzeyleri (%125, %100, %75 ve %50) dışındaki tüm bakım, tarımsal işlemler vs. eşit bir şekilde yapılmıştır. Bu yüzden, sezon sonu itibarıyla toprak tuzluluk değerlerindeki muhtemel değişimlere sadece sulama suyunun uygulama biçimi ve sulama suyu düzeyleri etki etmiştir. Sezon başı ve sezon sonunda olmak üzere toplam 81 adet toprak örneği üzerinde tuzluluk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Söz konusu toprak tuzluluk ölçümlerine ait değerlerin bazı tanımlayıcı istatistiki bilgileri *Tablo 3*'de görülebilir. En düşük tuzluluk değeri GS100 uygulamasında 0.49 dS m^{-1} olarak ölçülmüştür. En yüksek tuzluluk değeri ise 1.40 dS m^{-1} olarak GS125 uygulamasında kaydedilmiştir.

Sezon başı ve sezon sonunda sulama uygulamalarının tamamı (GS125, GS100, GS75, GS50, AYIS125, AYIS100, AYIS75 ve AYIS50) için kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi 0-30 cm derinliği için ortalama toprak tuzluluk değerlerinin (ECe, dS m^{-1}) değişimleri *Şekil 2*'de verilmiştir. Sezon başına kıyasla sezon sonunda, tuz birikimindeki en yüksek değer GS125 uygulamasında meydana gelmiştir (*Şekil 2*). Sezon sonu en düşük tuzluluk birikimi değeri ise GS50 uygulamasında belirlenmiştir (*Şekil 2*). GS125 ve AYIS125 sulama uygulamalarında toprak profilinin farklı katmanlarındaki (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) tuz birikimi değişimi *Şekil 3*'de görülebilir. Genel olarak toprak yüzeyine yakın bölgede tuzluluk birikiminin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sezon sonunda sezon başına kıyasla, GS125 sulama uygulamasındaki tuzluluk birikimi AYIS125 sulama uygulamasından daha fazla gerçekleşmiştir.

Tablo 3. Sezon başı ve sezon sonunda tüm sulama uygulamaları (GS125, GS100, GS75, GS50, AYIS125, AYIS100, AYIS75 ve AYIS50) altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi (0-30 cm) tuzluluğunun kimi tanımlayıcı istatistiki değerleri

Table 3. Some descriptive statistical values of root zone salinity (0-30 cm) of curly lettuce plants under all irrigation treatments (GS125, GS100, GS75, GS50, AYIS125, AYIS100, AYIS75 and AYIS50) at the end of the season and the beginning of the season

İstatistik	Sezon başı	GS125	GS100	GS75	GS50	AYIS125	AYIS100	AYIS75	AYIS50
Örnek sayısı	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Ortalama	0.707	1.010	0.746	0.676	0.647	0.780	0.784	0.731	0.817
En küçük	0.500	0.570	0.490	0.610	0.550	0.640	0.560	0.600	0.620
En büyük	0.860	1.400	1.080	0.870	0.730	0.990	1.190	1.160	1.150
Standart sapma	0.129	0.315	0.164	0.094	0.061	0.109	0.192	0.168	0.170

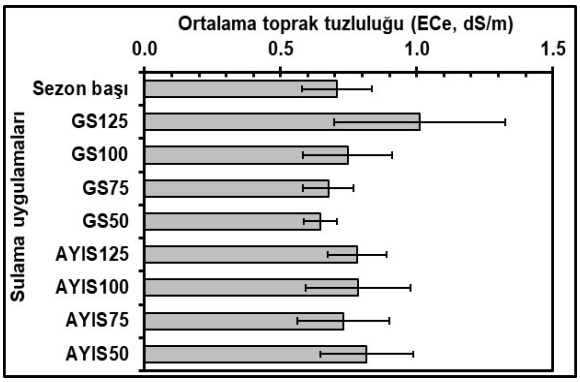


Figure 2. Average salinity change (ECe, dS m^{-1}) for 0-30 cm depth of curly lettuce plant under all irrigation treatments (GS125, GS100, GS75, GS50, AYIS125, AYIS100, AYIS75 and AYIS50) at the end of the season and the beginning of the season

Şekil 2. Sezon başı ve sezon sonunda tüm sulama uygulamaları (GS125, GS100, GS75, GS50, AYIS125, AYIS100, AYIS75 ve AYIS50) altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi 0-30 cm derinliği için ortalama tuzluluk değişimi (ECe, dS m^{-1})

GS100 ve AYIS100 sulama uygulamalarında toprak profilinin farklı katmanlarındaki (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) tuz birikimi değişimi *Şekil 4*'de verilmiştir. Genel olarak, buradaki toprak tuzluluğu birikimi GS125 ve AYIS125 sulama uygulamalarına (*Şekil 3*) kıyasla daha düşük gerçekleşmiştir. Öte yandan, aralarında fark düşük olmakla birlikte, GS100 sulama uygulamasındaki tuzluluk birikimi ilk iki katmanda (0-10 ve 10-20 cm derinlik için) AYIS100 sulama uygulamasından daha fazla gerçekleşmiştir (*Şekil 4*). GS75 ve AYIS75 sulama uygulamalarında toprak profilinin farklı katmanlarındaki (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) tuz birikimi değişimi *Şekil 5*'de sunulmuştur. Genel olarak, buradaki toprak tuzluluğu birikimi GS125 ve AYIS125 sulama uygulamaları (*Şekil 3*) ile GS100 ve AYIS100 sulama uygulamalarına (*Şekil 4*) kıyasla daha düşük gerçekleşmiştir. Öte yandan, GS75 sulama uygulaması ikinci katmanda (10-20 cm derinlik) tuzluluk birikimi, AYIS75 sulama uygulamasından daha fazla olarak saptanmıştır (*Şekil 5*). GS50 ve AYIS50 sulama uygulamalarında toprak profilinin farklı katmanlarındaki (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) tuz birikimi değişimi *Şekil 6*'de görülebilir. AYIS50 sulama

uygulamasındaki tuzluluk birikimi, genel olarak GS50 sulama uygulamasından daha fazla olarak kaydedilmiştir (*Şekil 6*).

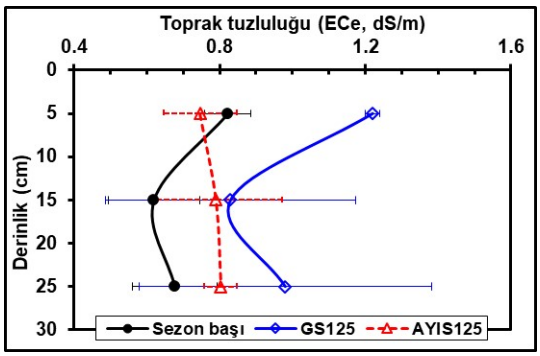


Figure 3. Salinity change (ECe, dS m^{-1}) within the root zone of curly lettuce plant under GS125 and AYIS125 treatments at the beginning and end of the season

Şekil 3. Sezon başı ile sezon sonunda GS125 ve AYIS125 uygulamaları altında kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içinde tuzluluk değişimi (ECe, dS m^{-1})

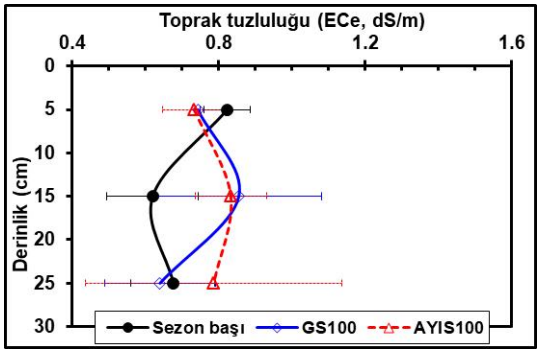


Figure 4. Salinity change (ECe, dS m^{-1}) within the root zone of curly lettuce plant at the beginning and end of the season under GS100 and AYIS100 treatments

Şekil 4. Sezon başı ile sezon sonunda GS100 ve AYIS100 uygulamaları altında kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içinde tuzluluk değişimi (ECe, dS m^{-1})

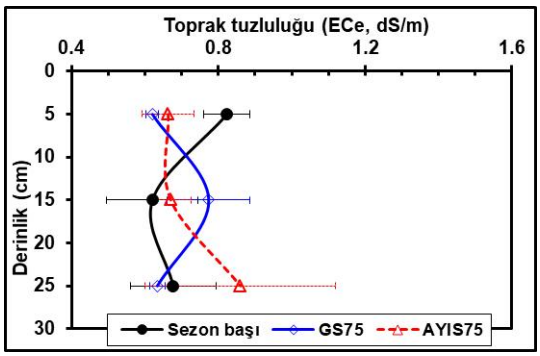


Figure 5. Salinity change (ECe, dS m^{-1}) in the root zone of curly lettuce plant at the beginning and end of the season under GS75 and AYIS75 treatments

Şekil 5. Sezon başı ile sezon sonunda GS75 ve AYIS75 uygulamaları altında kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içinde tuzluluk değişimi (ECe, dS m^{-1})

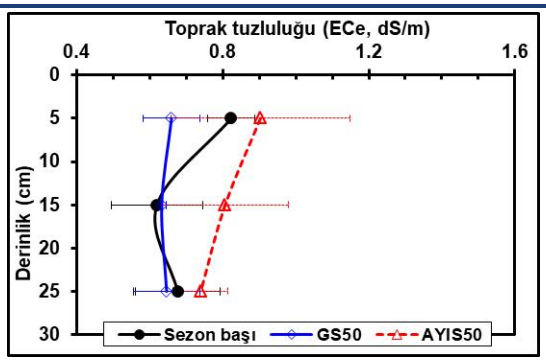


Figure 6. Salinity change (ECe, dS m^{-1}) within the root zone of curly lettuce plant at the beginning and end of the season under GS50 and AYIS50 treatments

Şekil 6. Sezon başı ile sezon sonunda GS50 ve AYIS50 uygulamalar altında kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içinde tuzluluk değişimi (ECe, dS m^{-1})

Sulama sezonu sonu itibarıyla, topraktaki tuzluluk birikiminin belirlenmesinde, ölçülen değerlerin (ECe, dS m^{-1}) yanısıra artış/azalış oranlarının (%) ifadesi de çok önemlidir. Çünkü, topraktaki tuzluluk birikiminin ölçülen değerleri (ECe, dS m^{-1}) sezon başı tuzluluğunun düşük ve/veya sulama suyunun iyi kaliteye sahip olması neticesinde, sulama sezonu sonunda rakamsal olarak çok yüksek tuzluluk değerleri ölçülemeyebilir. Ancak, artış/azalış oranları (%), tuzlu toprak ve/veya düşük kaliteye sahip suların kullanılması durumları için bir takım öngörü oluşturacaktır. Bu nedenle, ele alınan bu çalışmada *Şekil 7*'den *Şekil 10*'a kadarki grafiklerde, kıvırcık marul bitkisinin bitki kök bölgesi içinde ve farklı katmanlarında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) sezon sonundaki tuzluluk artış/azalış değişimleri verilmiştir.

Sezon başına kıyasla, kıvırcık marul bitkisinin GS125 ve AYIS125 sulama uygulamaları altında bitki kök bölgesi içinde ve farklı katmanlarında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) sezon sonundaki tuzluluk artış/azalış değişimi (%) *Şekil 7*'de görülebilir. Sezon başına kıyasla sezon sonunda ilk katman (0-10 cm) için GS125 sulama uygulamasında yaklaşık %48 oranında bir tuzluluk artışı hesaplanırken, AYIS125 sulama uygulamasında ise yaklaşık %9 oranında bir azalış belirlenmiştir. İkinci katmanda (10-20 cm) GS125 sulama uygulamasında yaklaşık %34 oranında bir tuzluluk artışı saptanırken, AYIS125 sulama uygulamasında ise yaklaşık %27'lik bir artış kaydedilmiştir. Üçüncü katmanda (20-30 cm) ise GS125 sulama uygulamasında yaklaşık %45 oranında bir artış hesaplanırken, AYIS125 sulama uygulamasında ise yaklaşık %19'luk bir artış belirlenmiştir.

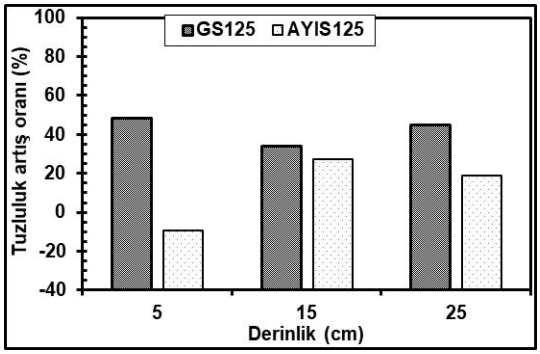


Figure 7. The change in salinity increase/decrease (%) in the root zone of curly lettuce plant under GS125 and AYIS125 treatments at the end of the season compared to the beginning of the season

Şekil 7. Sezon başı değerlerine kıyasla sezon sonunda GS125 ve AYIS125 uygulamaları altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içindeki tuzluluk artış/azalış değişimi (%)

Sezon başına kıyasla, kıvırcık marul bitkisinin GS100 ve AYIS100 sulama uygulamaları altında bitki kök bölgesi içinde ve farklı katmanlarında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) sezon sonundaki tuzluluk artış/azalış değişimi (%) *Şekil 8*'de verilmiştir. Sezon başına kıyasla sezon sonunda ilk katman (0-10 cm) için GS100 sulama uygulamasında yaklaşık %10 oranında bir tuzluluk azalışı hesaplanırken, AYIS100 sulama uygulamasında ise yaklaşık %11 oranında

bir azalış belirlenmiştir. İkinci katmanda (10-20 cm) GS100 sulama uygulamasında yaklaşık %38 oranında bir tuzluluk artışı saptanırken, AYIS100 sulama uygulamasında ise yaklaşık %34'lük bir artış kaydedilmiştir. Üçüncü katmanda (20-30 cm) ise GS100 sulama uygulamasında yaklaşık %5 oranında bir azalış hesaplanırken, AYIS100 sulama uygulamasında ise yaklaşık %16'lık bir artış belirlenmiştir. Sezon başına kıyasla, kıvırcık marul bitkisinin GS75 ve AYIS75 sulama uygulamaları altında bitki kök bölgesi içinde ve farklı katmanlarında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) sezon sonundaki tuzluluk artış/azalış değişimi (%) *Şekil 9*'da sunulmuştur. Sezon başına kıyasla sezon sonunda ilk katman (0-10 cm) için GS75 sulama uygulamasında yaklaşık %25 oranında bir tuzluluk azalışı hesaplanırken, AYIS75 sulama uygulamasında ise yaklaşık %19 oranında bir azalış belirlenmiştir. İkinci katmanda (10-20 cm) GS75 sulama uygulamasında yaklaşık %25 oranında bir tuzluluk artışı saptanırken, AYIS75 sulama uygulamasında ise yaklaşık %8'lik bir artış kaydedilmiştir. Üçüncü katmanda (20-30 cm) ise GS75 sulama uygulamasında yaklaşık %6 oranında bir azalış hesaplanırken, AYIS75 sulama uygulamasında ise yaklaşık %27'lik bir artış saptanmıştır.

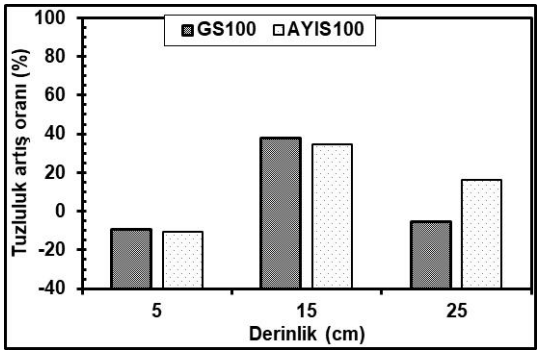


Figure 8. The change in salinity increase/decrease (%) in the root zone of curly lettuce plant under GS100 and AYIS100 treatments at the end of the season compared to the beginning of the season

Şekil 8. Sezon başı değerlerine kıyasla sezon sonunda GS100 ve AYIS100 uygulamaları altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içindeki tuzluluk artış/azalış değişimi (%)

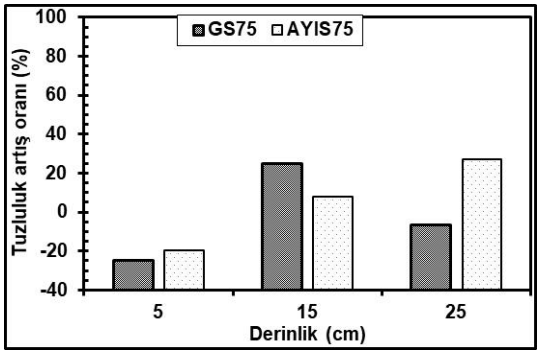


Figure 9. The change in salinity increase/decrease (%) in the root zone of curly lettuce plant under GS75 and AYIS75 treatments at the end of the season compared to the beginning of the season

Şekil 9. Sezon başı değerlerine kıyasla sezon sonunda GS75 ve AYIS75 uygulamaları altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içindeki tuzluluk artış/azalış değişimi (%)

Sezon başına kıyasla, kıvırcık marul bitkisinin GS50 ve AYIS50 sulama uygulamaları altında bitki kök bölgesi içinde ve farklı katmanlarında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik) sezon sonundaki tuzluluk artış/azalış değişimi (%) *Şekil 10*'da sunulmuştur. Sezon başına kıyasla sezon sonunda ilk katman (0-10 cm) için GS50 sulama uygulamasında yaklaşık %20 oranında bir tuzluluk azalışı hesaplanırken, AYIS50 sulama uygulamasında ise yaklaşık %10 oranında bir artış belirlenmiştir. İkinci katmanda (10-20 cm) GS50 sulama uygulamasında yaklaşık %2 oranında bir tuzluluk artışı saptanırken, AYIS50 sulama uygulamasında ise yaklaşık %30'luk bir artış kaydedilmiştir. Üçüncü katmanda (20-30 cm) ise GS50 sulama uygulamasında yaklaşık %4 oranında bir azalış hesaplanırken, AYIS50 sulama uygulamasında ise yaklaşık %9'luk bir artış belirlenmiştir.

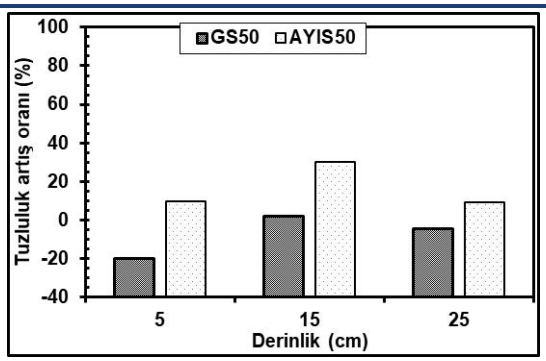


Figure 10. The change in salinity increase/decrease (%) in the root zone of curly lettuce plant under GS50 and AYIS50 treatments at the end of the season compared to the beginning of the season

Şekil 10. Sezon başı değerlerine kıyasla sezon sonunda GS50 ve AYIS50 uygulamaları altında, kıvırcık marul bitkisinin kök bölgesi içindeki tuzluluk artış/azalış değişimi (%)

Yarı ıslatmalı sulama, geleneksel sulama ve kısıntılı sulama uygulamaları ile ilgili literatürde çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. Araştırmalarda genel olarak su-verim ilişkileri üzerinde çalışmıştır (Kirda ve ark., 2004; Kirda ve ark., 2005; Kirda ve ark., 2007; Kaman ve ark., 2011). Öte yandan, kullanılan toprak ve sulama suyu tuzluluk yönünden sorunsuz olsa da zamanla toprakta tuzluluk birikimi olmaktadır. Çünkü her ne kadar sulama suyu iyi kaliteye sahip olursa olsun, azda olsa içerisinde eriyik/çözünmüş maddeler bulundurnaktadır. İlave olarak gübre uygulamaları sırasında da toprakta tuz birikimi meydana gelmektedir. Kısıtlı sulama stratejilerinin su tasarrufu sağladığı ancak düşük kaliteli sularla sulamanın toprağın tuzlanmasını artırabileceği ifade edilmektedir (Aragüés ve ark., 2014; Alomran ve ark., 2013). Bu konuda yapılan çeşitli araştırmalar, toprak tuzlanmasının yetersiz sulamaya bağlı potansiyel bir sorun olduğunu belirtmiştir (Kaman ve ark., 2006; Hsiao ve ark., 2007; Raine ve ark., 2007).

İyi kaliteye sahip su ve toprak koşullarında da bitki kök bölgesindeki tuz yığışımının araştırıldığı çalışmalar da yürütülmüştür (Kaman ve ark., 2006; Kaman ve Özbek, 2012; Kaman ve Özbek, 2016a; Kaman ve Özbek, 2016b; Kaman ve ark., 2020). Sözkonusu araştırmalarda da buradaki bulgulara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kanber ve Ünlü (2010)'un aktardığına göre, Maas (1986) marul bitkisini tuza orta derecede dayanıklı (4 dS m^{-1} ile 10 dS m^{-1} arasında) bir sebze olarak bildirilmiştir. Tarafımızdan yapılan çalışmada ise en yüksek tuzluluk değeri ise 1.40 dS m^{-1} olarak saptanmıştır. Söz konusu tuzluluk değeri, Maas (1986) tarafından bildirilen değerlerin çok altındadır. Öte yandan, yine Kanber ve Ünlü (2010)'un aktardığına göre, Ayers ve Westcot (1989) tarafından %0 verim kaybı için toprak tuzluluk eşik değeri 1.30 dS m^{-1} ve sulama suyu tuzluluk eşik değeri ise 0.90 dS m^{-1} olarak açıklanmıştır. Tarafımızdan yapılan çalışmada sezon sonu itibarıyla ölçülen en yüksek tuzluluk değeri (1.40 dS m^{-1}) %0 verim kaybı için Ayers ve Westcot (1989) tarafından bildiren değeri (1.30 dS m^{-1}) küçük bir fark (0.10 dS m^{-1}) ile olsa da aşmıştır. İlave olarak, sezon başına kıyasla sezon sonu tuzluluk değerlerindeki artış oranları (%) çok daha önemlidir. Çünkü artış miktarındaki oransal (%) ifadeler, tuzluluğu yüksek toprak ve/veya sulama suyu koşulları için öngörüde bulunmayı sağlayacaktır. Araştırmada, sezon başlangıcına kıyasla sezon sonunda tuzluluk değerlerinde %48 düzeyinde bir artışı meydana gelebildiği için tuzlu toprak ve sulama suyu koşulları için sulama yönetimi son derece daha dikkatli yapılmalıdır.

4. Sonuç

Araştırmada, kıvırcık marul bitkisine sulama uygulamaları (GS ve AYIS) ve sulama suyu düzeyleri (%125, %100, %75 ve %50) dışındaki tüm tarımsal işlemler eşit bir şekilde yapılmıştır. Genel olarak kullanılabilir su tutma kapasitesinin üzerinde bir su miktarı uygulanırsa, uygun drenaj koşullarında yıkama olabilir. Bu durumda da, fazla su uygulanan parsellerde yıkamadan dolayı daha düşük bir tuz birikimi beklenir. Ancak, bu çalışmada, fazla su diğer uygulamalara (%75 ve %50) kıyasla fazla anlamındadır. Diğer bir ifadeyle, kullanılabilir su tutma kapasitesini aşan bir sulama sözkonusu değildir. Bu durumda, yıkama düzeyinde olmayan fazla su, daha çok tuz birikimi anlamına gelir. Dolayısıyla, sezon sonu itibarıyla toprak tuzluluk değerlerindeki değişimlere, sadece sulama suyunun uygulama biçimi ve sulama suyu düzeyleri etki etmiştir.

Çalışmada toplam 81 adet toprak örneği üzerinde tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. En düşük tuzluluk değeri 0.49 dS m^{-1} olarak ölçülürken, en yüksek tuzluluk değeri ise 1.40 dS m^{-1} olarak GS125 uygulamasında kaydedilmiştir. Genel olarak, sezon sonunda en yüksek tuzluluk artışı ilk katman (0-10 cm) için %48, ikinci katman (10-20 cm) için %34 ve

üçüncü katman (20-30 cm) için %45 olarak GS125 sulama uygulamasında hesaplanmıştır. Bu artış oranları dikkate alınması gereken değerlerdir. Elde edilen değerlerin marul yetiştiriciliğinde risk oluşturacak düzeylere gelmemesi kısıntılı ve geleneksel sulama uygulamalarının etkinliği bakımından önemli görülmektedir. Sonuç olarak, sürdürülebilir bir sulu tarım için yetişme sezonunda iyi bir drenaj sistemi vasıtasıyla, topraktaki tuz birikiminin etkin bir yıkama işlemiyle giderilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2018-3129 numarası ile desteklenen projeden üretilmiştir. Anılan projede göbekli ve kıvırcık marul olmak üzere iki farklı marul çeşidi kullanılmış olup, göbekli marul ile ilgili çalışma Kaman ve ark. (2020) tarafından yayımlanmıştır.

Kaynakça

Alomran, A. M., Louki, I. I., Aly, A. A., Nadeem, M. E. (2013). Impact of deficit irrigation on soil salinity and cucumber yield under greenhouse condition in an arid environment. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15: 1247-1259.

Anonim (2018). https://www.fidanfide.com/campania-kivircik-marul-fidesi. [Son erişim tarihi: 13.06.2018].

Anonim (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri, https://data.tuik.gov.tr/tr/display-bulletin/?bulletin=bitkisel-uretim-istatistikleri-2019-30685#, Son Erişim Tarihi: 19.10.2020

Anonymous (1982). Methods of Soil Analysis (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.

Anonymous (2017). http://www.worldatlas.com/articles/world-leaders-in-lettuce production.html. [Son erişim tarihi: 23.07.2017].

Anonymous (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#data, Son Erişim tarihi: 19.10.2020.

Aragüésa, R., Medinaa, E. T. Martínez-Cobb, A., Faci, J. (2014). Effects of deficit irrigation strategies on soil salinizationand sodification in a semiarid drip-irrigated peach orchard. *Agricultural Water Management* 142: 1–9.

Ayers, R.S., Westcot, D.W. (1989). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 29, Rev.1. Rome, 173 s.

Black, C. A. (1957). Soil-plant relationships. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Black, C. A. (1965). Methods of Soil Analysis Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A., p:1372-1376.

Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal* 4(9): 434.

Cetin, M., Kirda, C. (2003). Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology* 272: 238-249.

Chaffey, N. (2001). Restricting water supply enhances crop growth. *Trends in Plant Science* 6: pp. 346.

Evliya, H. (1964). Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10, Ankara.

Hsiao, T., Steduto, P., Fereres, E. (2007). A systematic and quantitative approach toimprove water use efficiency in agriculture. *Irrig. Sci*. 25: 209–231.

Imanishi, J., Morimoto, Y., Imanishi, A., Sugimoto, K., Isoda, K. (2007). The independent detection of drought stress and leaf density using hyperspectral resolution data. *Landscape Ecol Eng* 3:55–65.

İstanbulluoğlu, A., Konukcu, F., Kocaman, İ. (2006). Development of Water Resources and Agricultural Practices under Irrigation in Thrace Region: Analysis of Existing Data for the Solution of Problems. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi- Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 3(2): 139-152.

Jackson, M. L. (1967). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.

Kacar, B. (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 453, Ankara.

Kaman, H., Kirda, C., Cetin, M., Topcu, S. (2006). Salt accumulation in the root zones of tomato and cotton irrigated with partial root-drying technique. *Irrigation and Drainage* 533–544.

Kaman, H., Kirda, C., Sesveren, S. (2011). Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 98(5): 801-807.

Kaman, H., Özbek, Ö. (2012). Salt and water distributions in the plant root zone under deficit irrigation. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 496-500.

Kaman, H., Özbek, Ö. (2016a). Salt accumulation in the root zone of eggplant irrigated using partial root drying technique. *International Journal of Agriculture & Biology* 18: 435–440.

Kaman, H., Özbek, Ö. (2016b). Salinity Accumulation in the Root Zones of Cucumber under Drip Irrigation Practices. *Proceedings of the VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes*, *Acta Hortic*. 1142: 75-80.

Kaman, H., Demir, H., Sonmez, I., Polat, E., Mohamoud, S.S., Ucok, Z. (2020). Salinity of the root zone of lettuce irrigated with partial root drying. *Fresenius Environmental Bulletin* 29(09A): 8496-8502.

Kanber, R., Bastuğ, R., Büyüktaş, D., Ünlü, M., Kapur, B. (2010). Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Ve Tarımsal Sulamaya Etkileri, sayfa 83-118, Türkiye.

Kanber, R., Ünlü, M. (2010). Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 281, Kitap Yayın No: A-87, Adana.

Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J. (1998). Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root- divided maize plants. *Agricultural Water Management* 38: 69-76.

Kirda, C., Baytorun, N. (2000). Fertigation under Saline Conditions: Irrigation Management Minimizing Soil Salinity Risk. In the Plant Nutrient Management under Pressurized Irrigation Systems in the Mediterranean Region by Ryan, J. (ed), Proceedings of the IMPHOS

International Fertigation Workshop Organized by the World Phosphate Institute (IMPHOS), 25-27 April 1999, Amman, Jordan. ICARDA, Aleppo, Syria, pp. 288-296.

Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M. R., Ozguven, A. I. (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 69: 191–201.

Kirda, C., Topcu, S., Kaman, H., Ulger, A. C., Yazici, A., Cetin, M., Derici, M. R. (2005). Grain yield response and n-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crop Res*. 93: 132–141.

Kırda, C., Topaloğlu, F., Topçu, S., Kaman, H. (2007). Mandarin yield response to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Turk. J. Agric. For*., 31: 1-10.

Konukcu, F., Akbuğa, R. (2006). Impact of Shallow and Saline Water Tables on the Soil's Water and Salt Balance of Konya-Cumra District under Irrigation. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi- Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 3(2): 105-117.

Lindsay, W. L., Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America Journal* 42(3): 421-428.

Maas, E. W. (1986). Salt tolerance of plants. *Applied Agriculture Research* 1:12-26.

Olsen, S. R., Sommers, E. L. (1982) Phosphorus Availability Indices. Phosphorus soluble in sodium bicarbonate. In: Methods of soil analysis, Part II. Chemical and microbiological properties. ASA-SSSA, Agronomy Series, No:9. Madison. Wisconsin, USA. pp.404-430.

Öktüren Asri, F., Demirtaş, E.I., Arı, N., Özkan, F. (2013). Determination of irrigation water qualities of Bilecik-Osmaneli district. *Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg*. 26(1): 49-55.

Raine, S. R., Meyer, W. S., Rassam, D. W., Hutson, J. L., Cook, F. J. (2007). Soil-water andsolute movement under precision irrigation: knowledge gaps for managing sus-tainable root zones. *Irrig. Sci*. 26: 91–100.

Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., Polat, S. (2008). Özel Sebzecilik. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Onur Grafik, Matbaa ve Reklam, İstanbul.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 04/01/21
Kabul/Accepted: 29/03/21
DOI: 10.33462/jotaf.853435

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Mikroorganizmaların Büyüme Eğrilerini Tanımlamak İçin Excel Tabanlı, Kullanıcı Dostu, Ücretsiz Bir Araç: ÖK-BUZ GRoFiT

An Excel-based, User-friendly Freeware Tool to Describe Microbial Growth Curves: ÖK-BUZ GRoFiT

Hasan Basri ÖKSÜZ[1], Sencer BUZRUL[2*]

Öz

Bu çalışmada mikroorganizmaların (bakteriler, mayalar, küfler) büyüme/gelişme eğrilerini tanımlamak için Excel® tabanlı ücretsiz bir araç olan ÖK-BUZ (Öksüz-Buzrul) GRoFiT (büyüme eğrileri tanımlama) uygulamasının kullanımı gösterilmiştir. Günümüzde birçok büyüme modeli kullanılmakta olup, bunların içerisinden belki de en fazla kullanılan büyüme modellerinden olan Baranyi, Gompertz ve Üç Fazlı Doğrusal (ÜFD) modelleri Excel içerisine yerleştirilerek, modelleme konusunda çok yetkin olmayan kişilerin de rahatlıkla kullanabileceği ve sonuçları yorumlayabileceği kullanıcı dostu bir araç oluşturulmuştur. Bu araç kullanılarak her üç modelin parametreleri yani mikroorganizmaların başlangıç sayısı ($\log_{10}N_0$), mikroorganizmaların ulaşabileceği azami sayı ($\log_{10}N_{maks}$), azami özgül büyüme hızı (μ_{maks} veya μ) ve uyum (lag) zamanı (λ) standart hatalarıyla birlikte bulunabilir. Dahası model parametrelerinin üst ve alt sınırları (%95 güven aralıkları) da elde edilebilmektedir. Bu değerlerin hemen yanında model uyum göstergeleri listelenmektedir. Bunlar belirleme katsayısı (R^2), ayarlı belirleme katsayısı (ayarlı R^2) ve modelin standart hatası veya karesel ortalama hatadır (RMSE). Araç içerisindeki modeller birçok farklı büyüme veri setine uygulanmış ve sonuçlar ücretli bir yazılım olan SigmaPlot® programı ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda rahatlıkla söylenebilir ki bu uygulamanın mikroorganizmaların büyüme eğrilerini tanımlaması bakımından paralı yazılımlardan farkı yoktur: ÖK-BUZ GRoFiT kullanılarak aynı veri seti için aynı parametre değerlerini ve aynı model uyum göstergelerini elde etmek mümkündür. Ayrıca, ÖK-BUZ GRoFiT Monte Carlo benzetimi yaparak ücretli programların birçoğunda bulunmayan simetrik olmayan %95 güven aralıklarını da hesaplamaktadır. Parametrelerin güven aralıklarını hesaplayabilen ücretli yazılımlar ise genel olarak simetrik güven aralıklarını vermektedir. ÖK-BUZ GRoFiT uygulaması tamamen Türkçe olup, "https://mmf.gidatarim.edu.tr/ok-buz-grofit" adresinden ücretsiz olarak indirilerek kullanılabilir. Kullanıcılardan gelecek olan talepler doğrultusunda uygulama içerisine yeni büyüme modelleri de eklenebilecek ve farklı disiplinlerde çalışan araştırmacıların (gıda, kimya, biyoloji, ziraat, biyoteknoloji vb.) bu uygulamayı kullanması mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal olmayan regresyon, Model uyumu, Model tahmini, Baranyi, Gompertz

[1] Hasan Basri Öksüz, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Meram/Konya E-mail: hasan.oksuz@gidatarim.edu.tr OrcID: 0000-0001-5740-8793
[2] ***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Sencer Buzrul, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Meram/Konya E-mail: sencer.buzrul@ gidatarim.edu.tr OrcID: 0000-0003-2272-3827
Atıf/Citation: Öksüz, H.B., Buzrul S. Mikroorganizmaların Büyüme Eğrilerini Tanımlamak İçin Excel Tabanlı, Kullanıcı Dostu, Ücretsiz Bir Araç: ÖK-BUZ GRoFiT. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 521-532.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.
©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

The use of an Excel®-based free tool, ÖK-BUZ (Öksüz-Buzrul) GRoFiT (growth curves fitting) application, was demonstrated to describe the growth curves of microorganisms (bacteria, yeasts, molds) in this study. Several different microbial growth models are being used today, Baranyi, Gompertz and Three Phase Linear (TPL) models, which are perhaps among the most used growth models, were placed in Excel, and a user-friendly tool has been created that can be used by researchers who are not very competent in modeling and interpreting the results. Model parameters, namely the initial number of microorganisms ($\log_{10}N_0$), the maximum number of microorganisms can reach ($\log_{10}N_{max}$), the maximum specific growth rate (μ_{max} or μ) and the adaptation (lag) time (λ) together with their standard errors can be obtained by using this tool. Moreover, upper and lower limits (95% confidence intervals) of the model parameters can also be found. The goodness-of-fit indicators are listed next to these values. These are the coefficient of determination (R^2), the adjusted coefficient of determination (R^2_{adj}) and the standard error of the model or the root mean square error (RMSE). The models in the tool were applied to several different growth data and the results were compared with SigmaPlot® program, which is a shareware. As a result of this comparison, it can be safely said that this tool is no different from shareware in terms of describing the growth curves of microorganisms: It is possible to obtain the same parameter values and goodness-of-fit indices for the same data set. Further ÖK-BUZ GRoFiT applies Monte Carlo simulation to calculate the unsymmetrical confidence intervals which cannot be done by most of the sharewares. The sharewares, which can calculate the confidence intervals of the parameters, give the symmetrical confidence intervals in general. The application is in Turkish and it can be used by downloading it for free from the web page "https://mmf.gidatarim.edu.tr/ok-buz-grofit". The new growth models can be added into the application in line with the demand of the users and it may be possible to use this application for the researchers working in different disciplines (food, chemistry, biology, agriculture, biotechnology etc.).

Keywords: Non-linear regression, Model fit, Model prediction, Baranyi, Gompertz

1. Giriş

Son yıllarda tüketicilerin yiyecek ve içecekleri konusunda oldukça dikkatli olması gıda güvenliğinin önemini artırmıştır (Niyaz ve Demirbaş, 2018). Günümüz gıda sanayiinde "güvenli gıda" ifadesi tüketiciye ulaşmak için sıklıkla kullanılmaktadır (Arıcı, 2006). Gıdaların üretimden dağıtıma kadar özellikle mikrobiyolojik olarak güvenli olması gıda sanayiinin üzerinde önemle durduğu bir konudur. Uygun olmayan sıcaklık koşullarında bazı gıdalarda mikroorganizmalar üreyebilir. Bu mikroorganizmaların bir kısmı gıdanın bozularak tüketilemeyecek hale gelmesine neden olurken bazıları da hastalığa (örneğin *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojenler) yol açabilirler. Bu nedenle gıda güvenliği açısından mikroorganizmaların büyüme ya da gelişme kinetiğinin çalışılması gereklidir.

Gıdanın içerisinde ya da kapalı bir sistemde (örneğin sıvı besiyeri) büyüyen mikroorganizmalarda genellikle 4 faz veya evre görülür (*Şekil 1*) (Özçelik ve ark., 2019). Birincisi uyum sağlama ya da adaptasyon evresi olarak adlandırılır ve mikroorganizmaların yeni bir ortama uyum gösterip çoğalmaya başlayana kadar geçen süre (λ) olarak ifade edilir. Bu evrede bakterilerin hücre artışı gözlemlenmezken, hücre kütlesi artabilir. İkinci evre çoğalma evresi olup, mikroorganizmalar bu evrede üstel (logaritmik) olarak çoğalırlar. Bu evrede mikroorganizmalar azami büyüme hızına (μ_{maks}) ulaşırlar ancak bu evrenin sonlarına doğru büyüme hızı da yavaşlar çünkü mikroorganizmalar kapalı bir sistemde ulaşabilecekleri azami sayıya (10^8 ve 10^9 hücre mL^{-1}) ulaştıklarından ortamda besinler giderek azalmaktadır. Ayrıca ortamda toksik etken olabilecek metabolik maddeler birikmektedir. Üçüncü evre durma evresidir ve gittikçe kısıtlanan koşullar nedeniyle büyüme devam edemez. Durma evresi gelişme eğrisinde düz seyreden yatay bir çizgi şeklindedir. Son evre olan ölüm evresinde ise canlı hücre sayısında azalma görülür (Özçelik ve ark., 2019). Mikrobiyal büyüme modelleri sadece ilk üç evreyi (uyum, çoğalma ve durma) tanımlamak için kullanılır çünkü bir gıdada ölüm evresine gelinmişse o gıdanın güvenilirliği tartışmalıdır.

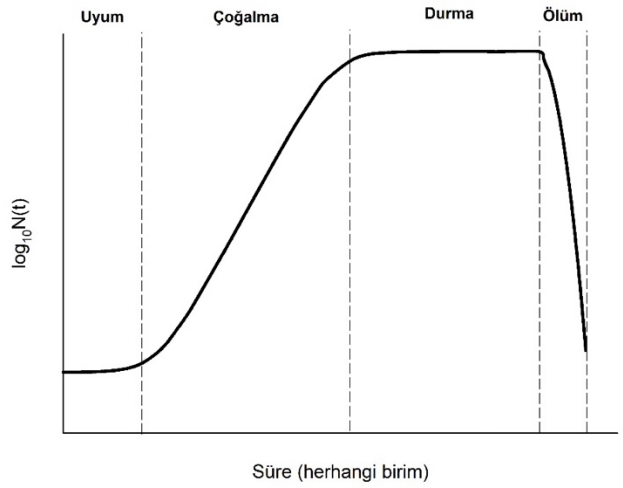


Figure 1. Growth curves of microorganisms that grow in a closed habitat

Şekil 1. Kapalı bir ortamda büyüyen mikroorganizmaların büyüme ya da gelişme eğrisi

Günümüzde birçok mikrobiyal büyüme modeli önerilmiş ve kullanılmaktadır. Ancak bunlardan belki de en çok tercih edilenleri Gompertz (Zwietering ve ark., 1990), Baranyi (Baranyi ve Roberts, 1994) ve üç fazlı doğrusal (Buchanan ve ark., 1997) modelleridir (Öksüz ve Buzrul, 2020). Bu modeller arasında seçim yapmak veya hangi modelin daha iyi olduğuna karar vermek, bunun ötesinde model parametrelerini elde etmeye çalışmak bir takım matematiksel ve istatistiksel bilgi gerektirmektedir. Ancak, özellikle de biyolojik bilimler ve gıda bilimleri alanında çalışanların bir kısmı bu bilgilerden yoksun kalabilmektedir. Bu kişiler için Excel tabanlı kullanıcı dostu bazı uygulamalar vardır. Örneğin DiMFiT uygulaması Excel eklentisi olarak, modelleme konusunda yeterli bilgiye sahip olmayanlar için Baranyi modelinin mikrobiyal büyüme verilerini tanımlamak için kullanılabilir. Bu uygulama herkese açık ve ücretsiz olup internetten indirilerek kullanılabilir. Bir diğer Excel tabanlı uygulama Fujikawa ve Kano (2010) tarafından sunulan farklı bir büyüme modeli içeren programdır. Ancak, bu yazılım

DiMFiT gibi herkesin erişimine açık değildir. Üstelik her iki uygulamada da tek bir büyüme modeli yer almakta ve model parametrelerinin standart hataları ya da güven aralıkları elde edilememektedir. Sadece mikrobiyal büyüme için değil ölüm kinetiği için de benzer excel tabanlı uygulamalar yer almaktadır. Örneğin GInaFiT uygulaması içerisinde birçok inaktivasyon modeli barındıran Excel-tabanlı bir eklentidir (Geeraerd ve ark., 2005).

Bu çalışmanın amacı, matematik modelleme konusunda yeterince bilgisi olmayanların da rahatça kullanabileceği ve sonuçları yorumlayabileceği, mikroorganizmaların büyüme eğrilerini tanımlamak için Excel tabanlı ücretsiz bir araç olan ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının kullanımını göstermektir. Uygulamanın Excel tabanlı yapılmasının sebebi deneysel verilerle uğraşan araştırmacıların birçoğunun M.S. Office Excel'e erişiminin olmasıdır. Bu doğrultuda öncelikle uygulamada kullanılan büyüme modelleri tanıtılacak, daha sonra da uygulamanın kullanımı anlatılacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Mikrobiyal büyüme parametreleri

Kapalı bir sistemde çoğalma evresinde mikrobiyal büyüme aşağıdaki eşitlik 1 ile ifade edilir (Baranyi ve Roberts, 1994);

$$\frac{dN(t)}{dt} = \mu_{maks} \cdot N \qquad \text{(Eş. 1)}$$

Burada, $N(t)$ mikroorganizmaların t zamandaki sayısı, μ_{maks} ise azami özgül mikrobiyal büyüme hızıdır. Bu basit diferansiyel denklem çözülürse aşağıdaki sonuç elde edilir (Eş.2);

$$\ln N(t) = \ln N_0 + \mu_{maks} \cdot t \qquad \text{(Eş. 2)}$$

Bu eşitlikte de N_0 mikroorganizmaların başlangıç zamanındaki ($t = 0$) sayısıdır. Mikrobiyal büyüme genellikle 10 tabanındaki logaritma ile ifade edildiğinden (Eş.3);

$$\log_{10} N(t) = \log_{10} N_0 + \frac{\mu_{maks}}{2.303} \cdot t \qquad \text{(Eş. 3)}$$

yazılabilir. Bu denklemde ln10 ≈ 2.303'tür. Azami büyüme hızı $\log_{10}$ tabanında μ'_{maks} (μ_{maks}/2.303) olarak ifade edilebilir.

Büyüme modellerindeki parametreler yani başlangıç anındaki mikroorganizma sayısı ($\log_{10}N_0$), mikroorganizmaların ulaşabileceği azami sayı ($\log_{10}N_{maks}$), uyum zamanı (λ) ve azami özgül büyüme hızı (μ_{maks}) *Şekil 2*'de gösterilmiştir.

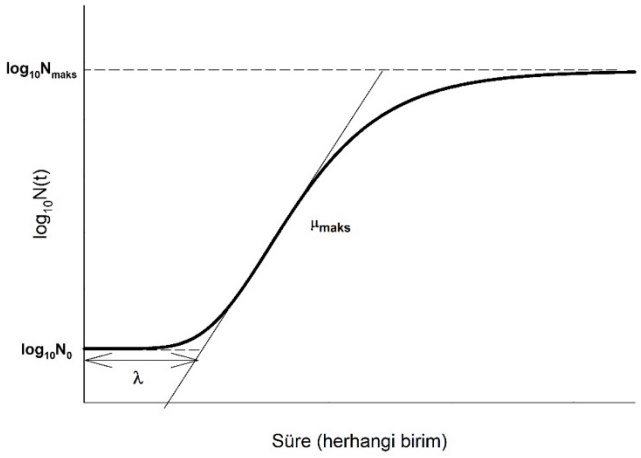


Figure 2. Demonstration of growth model parameters on the growth curve

Şekil 2. Büyüme modeli parametrelerinin büyüme eğrisi üzerinde gösterimi

Buradaki parametrelerden $\log_{10}N_0$ ve $\log_{10}N_{maks}$'i grafik üzerinde gözlemlemek ve yorumlamak oldukça kolaydır. Öte yandan, azami özgül büyüme hızını tespit edebilmek için "S" şeklindeki büyüme eğrisinin dönüm noktasından çizilen doğrunun eğimi bulunmalıdır. Diğer bir deyişle en yüksek eğime sahip doğru dönüm noktasından geçen doğrudur ve bunun eğimi de μ'_{maks} (μ_{maks}/2.303) olarak hesaplanabilir. Bu doğrunun $\log_{10}N_0$'dan çizilen yatay doğruyla kesiştiği yerde λ'dır.

2.2. ÖK-BUZ FiT uygulamasının içerisinde yer alan büyüme modelleri

2.2.1. Gompertz modeli

Bu model Zwietering ve ark. (1990) tarafından türetilmiş olup, geliştirilmiş (modifiye edilmiş) Gompertz modeli olarak da geçmektedir. Model denklemi aşağıda verilmiştir (Eş.4);

$$\log_{10}N(t) = \log_{10}N_0 + (\log_{10}N_{maks} - \log_{10}N_0) \cdot \exp\left\{-\exp\left[\frac{\mu_{maks} \cdot e/2.303}{(\log_{10}N_{maks} - \log_{10}N_0)} \cdot (\lambda - t) + 1\right]\right\} \quad \text{(Eş. 4)}$$

Burada e = exp(1) yani Euler sayısıdır (2.7182..). Görüldüğü gibi bütün büyüme modeli parametreleri ($\log_{10}N_0$, $\log_{10}N_{maks}$, λ ve μ_{maks}) Gompertz denkleminde yer almaktadır.

2.2.2. Baranyi modeli

Baranyi ve Roberts (1994) tarafından önerilen bu model iç içe iki diferansiyel denklemden oluşmaktadır ve bu iki denklemin sabit koşullarda (örneğin sabit sıcaklıkta) çözümü şu şekildedir (Öksüz ve Buzrul, 2020) (Eş.5);

$$\log_{10}N(t) = \log_{10}N_{maks} + \log_{10}\left[\frac{1+\exp[\mu_{maks}\cdot(t-\lambda)]-\exp(-\mu_{maks}\cdot\lambda)}{\exp[\mu_{maks}\cdot(t-\lambda)]-\exp(-\mu_{maks}\cdot\lambda)+10^{(\log_{10}N_{maks}-\log_{10}N_0)}}\right] \quad \text{(Eş. 5)}$$

Baranyi modelinde de tıpkı Gompertz modelindeki gibi bütün model parametreleri yer almaktadır.

2.2.3. Üç fazlı doğrusal model

Bu eşitlik sistemine üç fazlı doğrusal (ÜFD) model denmesinin sebebi büyüme evrelerinin her birinin birer doğru ile tanımlanmasıdır. ÜFD modeli Buchanan ve ark. (1997) tarafından önerilmiştir ve aşağıdaki eşitlik 6 ile ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} &\text{Eğer } t \le \lambda \ \log_{10}N(t) = \log_{10}N_0 \\ &\text{Eğer } \lambda < t < t_{maks} \ \log_{10}N(t) = \log_{10}N_0 + \mu/2.303 \cdot (t - \lambda) \\ &\text{Eğer } t \ge t_{maks} \ \log_{10}N(t) = \log_{10}N_0 + \mu/2.303 \cdot (t_{maks} - \lambda) \end{aligned} \quad \text{(Eş. 6)}$$

ÜFD modelinde diğer modellerden farklı olarak iki durum göze çarpmaktadır: (i) büyüme hızı azami özgül büyüme hızı (μ_{maks}) olarak değil de özgül büyüme hızı (μ) olarak ifade edilmiştir. Bunun nedeni ÜFD modelinde çoğalma evresi bir doğru ile tanımlanmıştır ve doğrunun eğimi sabittir (doğrunun eğimi μ/2.303'tür). Oysa Gompertz ve Baranyi modellerinde çoğalma evresinin eğimi sabit değildir ve eğimin en yüksek olduğu durumda azami özgül büyüme hızı gözlemlenmektedir, (ii) $\log_{10}N_{maks}$ parametresi modelde görünmemektedir. Onun yerine t_{maks} parametresi vardır. Aslında bu parametre azami sayıya yani $\log_{10}N_{maks}$ değerine ulaşıldığı zamandır ve bu modelde (Eş.7);

$$\log_{10}N_{maks} = \log_{10}N_0 + \mu/2.303 \cdot (t_{maks} - \lambda). \quad \text{(Eş. 7)}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Yani bu parametre ($\log_{10}N_{maks}$) diğer 4 parametre ($\log_{10}N_0$, t_{maks}, λ ve μ) kullanılarak hesaplanabilmektedir.

2.3. ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının çalışma prensibi

Uygulama deneysel veriler ile model uyumu arasındaki farkların ya da artıkların karesinin en aza indirilmesi (minimize edilmesi) ilkesine dayanmaktadır. Bunun için Excel'in Çözücü aracından faydalanılmaktadır (Yurdakul ve ark., 2020). Excel'de çözücü aracını yüklemek için Dosya Menüsünden; Seçenekler > Eklentiler > Excel Eklentileri Git'ten çözücü işaretlenmelidir. Çözücü kullanılarak model parametreleri elde edilmektedir. Aynı zamanda da model uyum göstergeleri hesaplanmaktadır. Bunlar R^2, ayarlı R^2 ve modelin standart hatasıdır (RMSE).

Birçok çalışmada R^2 değerine bakılarak model uyumu değerlendirilir. Ancak bu yanıltıcıdır (Leylak ve ark., 2020) dolayısıyla ayarlı R^2 ve RMSE değerleri de ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasında yer almaktadır. Ayarlı R^2 değeri 1'e ne kadar yakın, RMSE değeri ise 0'a ne kadar yakın olursa model uyumu o kadar iyidir. Daha sonra yine Excel'de (arka planda) 100 adet Monte Carlo (MC) benzetimi yapılarak model parametrelerinin standart hataları ve %95 güven aralıkları (üst ve alt limitleri) hesaplanmaktadır. MC benzetimi birçok amaçla kullanılmakla birlikte bu uygulamadaki kullanım amacı parametre belirsizliklerini elde etmek içindir. Bu işlem kullanılan bilgisayarın hızına bağlı olarak değişmekle birlikte yaklaşık olarak 30 saniye kadar sürmektedir. MC benzetimi yapmak için birçok farklı program kullanılmakla birlikte Excel'de de MC benzetimi yapmak mümkündür (Lambert ve ark., 2012).

2.4. Veri seti ve diğer yazılımlarla karşılaştırma

Bu çalışmada birçok farklı veri seti denenmiştir. Bunların bir kısmı yayımlanmış çalışmalardan, bir kısmı ise Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Gıda Mühendisliği laboratuvarlarında yapılan deneylerden elde edilmiştir. ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasından elde edilen sonuçlar paralı bir yazılım olan ve aynı veri setlerinin SigmaPlot'taki tanımlamaları ile karşılaştırılmıştır.

3.1. Uygulamanın tek bir model için kullanımı ve yorumlama

ÖK-BUZ GRoFiT uygulaması açıldığında kullanıcıyı *Şekil 3*'deki görünüm karşılayacaktır. Kullanıcının süre (saniye, dakika veya saat olarak) ve mikroorganizmaların süreye karşılık değişim yani $\log_{10}N(t)$ ($\log_{10}$KOB mL^{-1} veya $\log_{10}$KOB g^{-1} olarak) verilerini Excel'de A2 ve B2 hücrelerinden başlayarak girmesi beklenir. *Şekil 4*'te uygulamayı denemek için eklenen veriler görülmektedir.

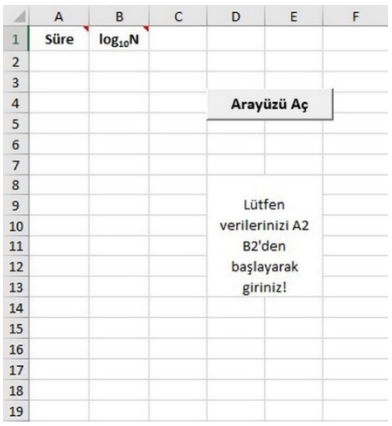


Figure 3. Splash screen of ÖK-BUZ GRoFiT
Şekil 3. ÖK-BUZ GRoFiT'in açılış ekranı

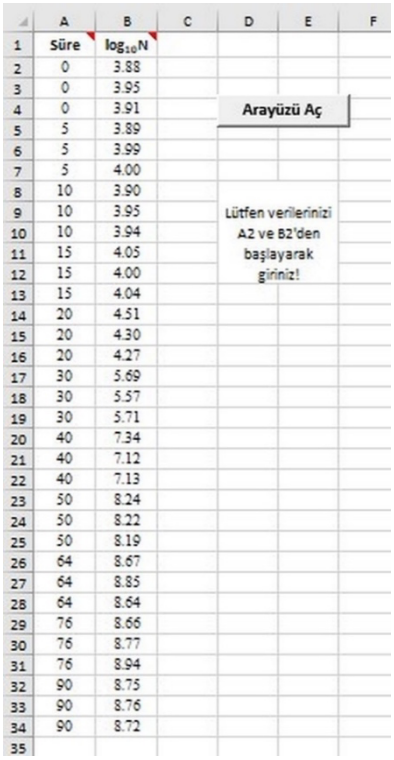
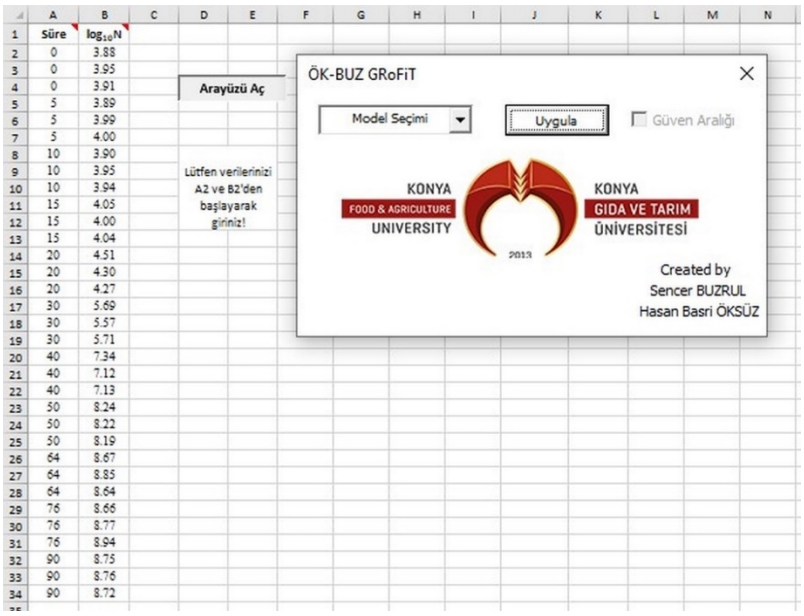
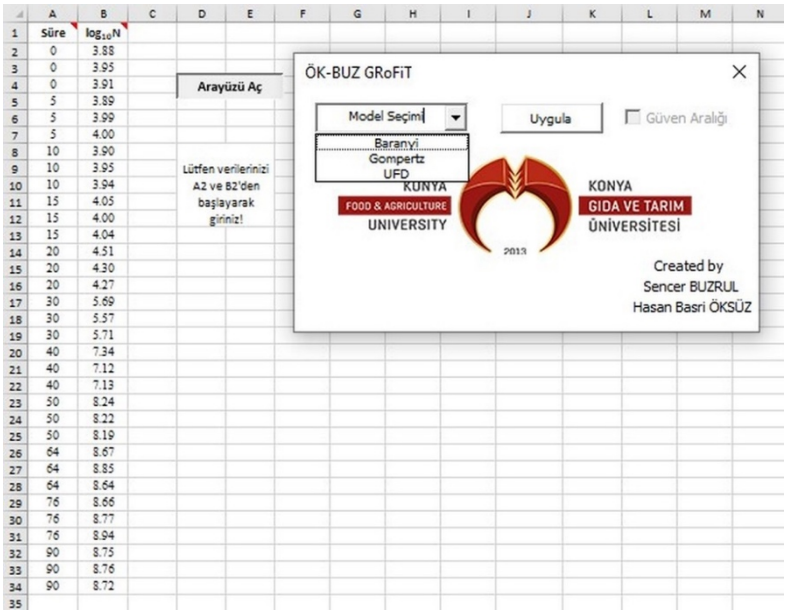


Figure 4. Entering the data to ÖK-BUZ GRoFiT. These are the growth data of Listeria monocytogenes in broth containing 9% salt at 30°C and taken form Lambert et al. (2012)
Şekil 4. Verilerin ÖK-BUZ GRoFiT'te girilmesi. Bu veriler Listeria monocytogenes'in %9 tuz içeren sıvı besiyerinde, 30°C'deki büyüme verileri olup, Lambert ve ark. (2012)'dan alınmıştır

Veriler girildikten sonra "Arayüzü Aç" düğmesine tıklanır ve *Şekil 5a*'da görülen arayüz belirir. Buradan model seçimine gelindiğinde ise uygulama içerisinde yer alan mikrobiyal büyüme modelleri (Baranyi, Gompertz ve ÜFD) görünür (*Şekil 5b*). Bu modellerden herhangi birisi seçilerek "Uygula" düğmesine basılır ve sonuçlar elde edilir.



a



b

Figure 5. Interface appearing when clicking open the interface (b). Growth models exist in the interface (b)

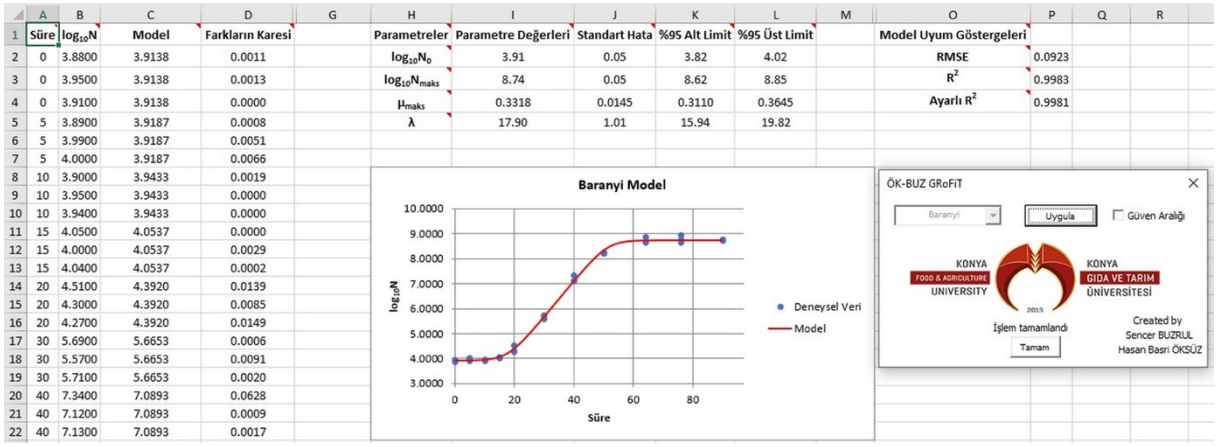
Şekil 5. Arayüzü Aç'a basıldığında beliren arayüz (a). Arayüz içerisinde yer alan büyüme modelleri (b)

Burada uygulamadaki ilk model olan Baranyi modelinin uygulaması gösterilecektir. Baranyi modeli seçilip uygulaya tıklandığında ara yüzde işlemin devam ettiğini belirten bir uyarı çıkacaktır (*Şekil 6*). İşlem hızlı bilgisayarlarda yaklaşık olarak 10-15 saniye kadar sürerken yavaş bilgisayarlarda bu süre 30-40 saniyeye kadar çıkabilmektedir. İşlem sonuçlandığında ise *Şekil 7*'de gösterilen sonuçlar ve grafik elde edilecektir. Eğer grafik üzerinde %95 güven aralıklarının da görünmesi isteniyorsa ara yüzdeki güven aralığı onay kutusunu aktif hale

getirmek yeterlidir. Bu durumda grafik üzerinde güven aralıkları da (siyah kesikli çizgiler) model uyumu (kırmızı düz çizgiler) ve veriler (mavi daireler) ile birlikte gösterilecektir (*Şekil 8*).

Elde edilen sonuçları yorumlamak ise çok zor değildir. Görüldüğü gibi verilere bakıp yaklaşık olarak da tahmin edilebilecek $\log_{10}N_0$ ve $\log_{10}N_{maks}$ Baranyi modeli için sırasıyla 3.91 ve 8.74 olarak bulunmuşlardır. Uyum zamanı 17.90 dakika, azami özgül büyüme hızı ise 0.3318 dakika^{-1} olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte uygulama arka planda MC benzetimi yaparak model parametrelerinin standart hatalarını, 95% alt ve üst limitlerini de hesaplamıştır. Standart hataların parametre değerinden oldukça küçük olması parametrelerin istatistiksel olarak da anlamlı olduğunun göstergesidir. Dikkat edilecek olursa alt ve üst limitlerin simetrik olmadığı anlaşılacaktır. Bu doğrusal olmayan regresyonun doğal bir sonucudur. Örneğin uyum zamanı 17.90 dakika olarak bulunurken %95 alt limit 1.70 eksiğiyle 16.20 dakika olarak, %95 üst limit ise 1.10 fazlasıyla 19.00 dakika olarak hesaplanmıştır. Bunun anlamı şudur elde edilen parametre değeri yani 17.90, %95 ihtimalle 16.20 ile 19.00 arasındadır. Diğer bir deyişle bu aralıkta olmama ihtimali sadece %5'tir!

Figure 6. Remark indicating the process is in progress
Şekil 6. İşlemin devam ettiğini belirten uyarı



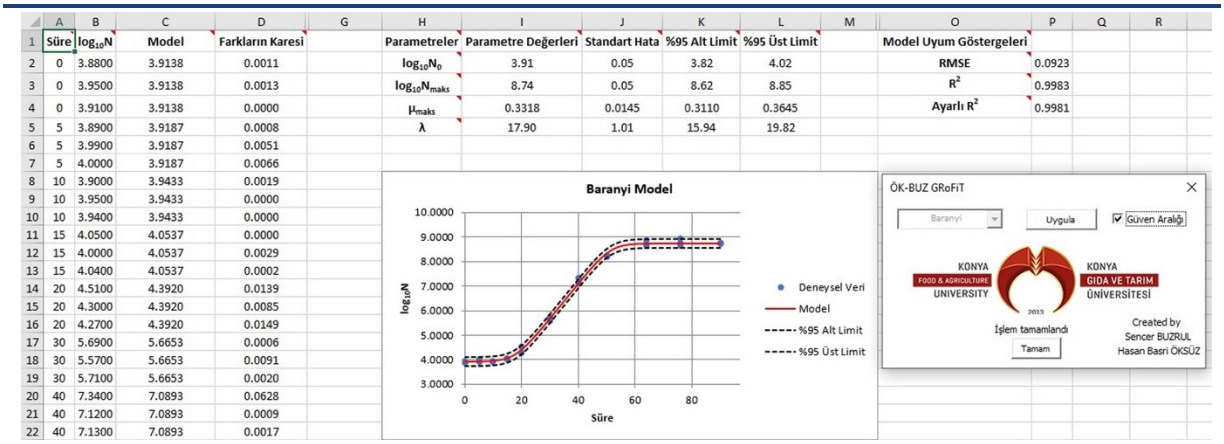
Süre	$\log_{10}N$	Model	Farkların Karesi
0	3.8800	3.9138	0.0011
0	3.9500	3.9138	0.0013
0	3.9100	3.9138	0.0000
5	3.8900	3.9187	0.0008
5	3.9900	3.9187	0.0051
5	4.0000	3.9187	0.0066
10	3.9000	3.9433	0.0019
10	3.9500	3.9433	0.0000
10	3.9400	3.9433	0.0000
15	4.0500	4.0537	0.0000
15	4.0000	4.0537	0.0029
15	4.0400	4.0537	0.0002
20	4.5100	4.3920	0.0139
20	4.3000	4.3920	0.0085
20	4.2700	4.3920	0.0149
30	5.6900	5.6653	0.0006
30	5.5700	5.6653	0.0091
30	5.7100	5.6653	0.0020
40	7.3400	7.0893	0.0628
40	7.1200	7.0893	0.0009
40	7.1300	7.0893	0.0017

Parametreler	Parametre Değerleri	Standart Hata	%95 Alt Limit	%95 Üst Limit
$\log_{10}N_0$	3.91	0.05	3.82	4.02
$\log_{10}N_{maks}$	8.74	0.05	8.62	8.85
μ_{maks}	0.3318	0.0145	0.3110	0.3645
λ	17.90	1.01	15.94	19.82

Model Uyum Göstergeleri	
RMSE	0.0923
R^2	0.9983
Ayarlı R^2	0.9981

Figure 7. Results of the Baranyi model
Şekil 7. Baranyi modelinin sonuçları

Model uyum göstergelerine bakıldığında yüksek ve 1'e yakın R^2 (0.9983) ve ayarlı R^2 (0.9981) ile düşük ve 0'a yakın RMSE (0.0923) değeri olduğu görülebilir. Bu da modelin veri için oldukça uygun olduğunu göstermektedir. Bu uyum grafikten de görsel olarak anlaşılabilmektedir (*Şekil 8*). Dahası grafik üzerinde gösterilen %95 güven aralıkları modelin uyumunu doğrulamaktadır. Model (kırmızı düz çizgiler) %95 ihtimalle kesikli siyah çizgilerle gösterilen güven aralıklarının içerisinde olacaktır.

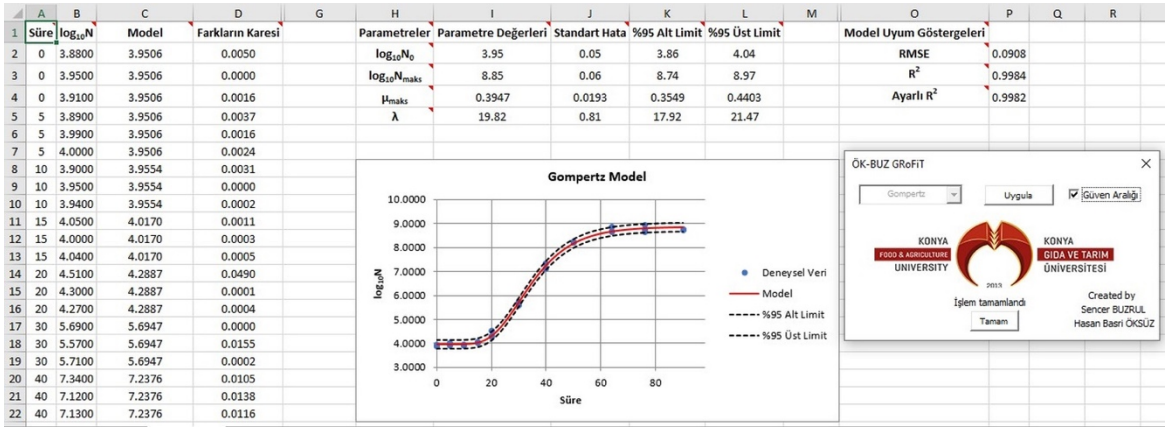


Süre	$\log_{10}N$	Model	Farkların Karesi
0	3.8800	3.9138	0.0011
0	3.9500	3.9138	0.0013
0	3.9100	3.9138	0.0000
5	3.8900	3.9187	0.0008
5	3.9900	3.9187	0.0051
5	4.0000	3.9187	0.0066
10	3.9000	3.9433	0.0019
10	3.9500	3.9433	0.0000
10	3.9400	3.9433	0.0000
15	4.0500	4.0537	0.0000
15	4.0000	4.0537	0.0029
15	4.0400	4.0537	0.0002
20	4.5100	4.3920	0.0139
20	4.3000	4.3920	0.0085
20	4.2700	4.3920	0.0149
30	5.6900	5.6653	0.0006
30	5.5700	5.6653	0.0091
30	5.7100	5.6653	0.0020
40	7.3400	7.0893	0.0628
40	7.1200	7.0893	0.0009
40	7.1300	7.0893	0.0017

Parametreler	Parametre Değerleri	Standart Hata	%95 Alt Limit	%95 Üst Limit
$\log_{10}N_0$	3.91	0.05	3.82	4.02
$\log_{10}N_{maks}$	8.74	0.05	8.62	8.85
μ_{maks}	0.3318	0.0145	0.3110	0.3645
λ	17.90	1.01	15.94	19.82

Model Uyum Göstergeleri	
RMSE	0.0923
R^2	0.9983
Ayarlı R^2	0.9981

Figure 8. Demonstration of 95% confidence limits on the graph for the fitted in Figure 7
Şekil 8. Şekil 7'de uygulanan modelin grafik üzerinde %95 güven aralıklarının gösterilmesi

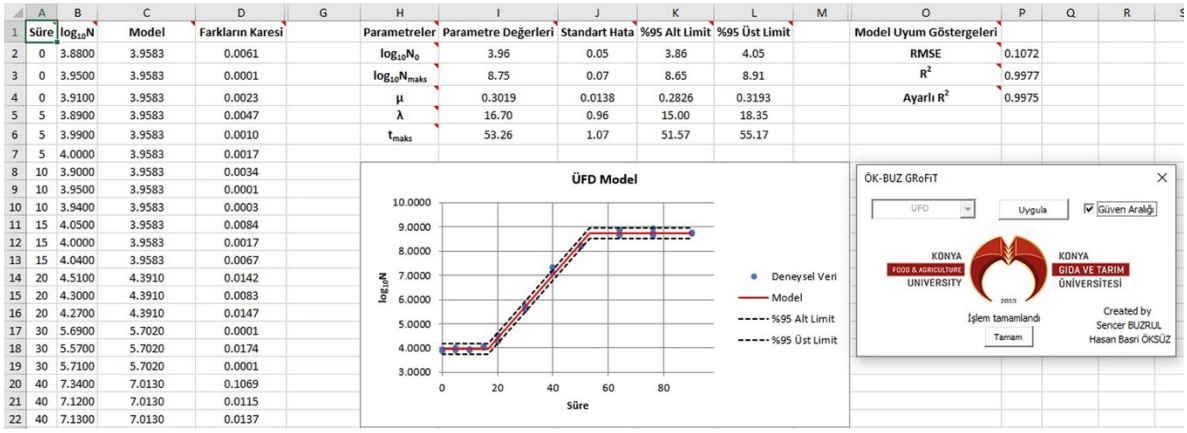


Süre	$\log_{10}N$	Model	Farkların Karesi
0	3.8800	3.9506	0.0050
0	3.9500	3.9506	0.0000
0	3.9100	3.9506	0.0016
5	3.8900	3.9506	0.0037
5	3.9900	3.9506	0.0016
5	4.0000	3.9506	0.0024
10	3.9000	3.9554	0.0031
10	3.9500	3.9554	0.0000
10	3.9400	3.9554	0.0002
15	4.0500	4.0170	0.0011
15	4.0000	4.0170	0.0003
15	4.0400	4.0170	0.0005
20	4.5100	4.2887	0.0490
20	4.3000	4.2887	0.0001
20	4.2700	4.2887	0.0004
30	5.6900	5.6947	0.0000
30	5.5700	5.6947	0.0155
30	5.7100	5.6947	0.0002
40	7.3400	7.2376	0.0105
40	7.1200	7.2376	0.0138
40	7.1300	7.2376	0.0116

Parametreler	Parametre Değerleri	Standart Hata	%95 Alt Limit	%95 Üst Limit
$\log_{10}N_0$	3.95	0.05	3.86	4.04
$\log_{10}N_{maks}$	8.85	0.06	8.74	8.97
μ_{maks}	0.3947	0.0193	0.3549	0.4403
λ	19.82	0.81	17.92	21.47

Model Uyum Göstergeleri	
RMSE	0.0908
R^2	0.9984
Ayarlı R^2	0.9982

Figure 9. Results of the Gompertz model
Şekil 9. Gompertz modelinin sonuçları



Süre	$\log_{10}N$	Model	Farkların Karesi
0	3.8800	3.9583	0.0061
0	3.9500	3.9583	0.0001
0	3.9100	3.9583	0.0023
5	3.8900	3.9583	0.0047
5	3.9900	3.9583	0.0010
5	4.0000	3.9583	0.0017
10	3.9000	3.9583	0.0034
10	3.9500	3.9583	0.0001
10	3.9400	3.9583	0.0003
15	4.0500	3.9583	0.0084
15	4.0000	3.9583	0.0017
15	4.0400	3.9583	0.0067
20	4.5100	4.3910	0.0142
20	4.3000	4.3910	0.0083
20	4.2700	4.3910	0.0147
30	5.6900	5.7020	0.0001
30	5.5700	5.7020	0.0174
30	5.7100	5.7020	0.0001
40	7.3400	7.0130	0.1069
40	7.1200	7.0130	0.0115
40	7.1300	7.0130	0.0137

Parametreler	Parametre Değerleri	Standart Hata	%95 Alt Limit	%95 Üst Limit
$\log_{10}N_0$	3.96	0.05	3.86	4.05
$\log_{10}N_{maks}$	8.75	0.07	8.65	8.91
μ	0.3019	0.0138	0.2826	0.3193
λ	16.70	0.96	15.00	18.35
t_{maks}	53.26	1.07	51.57	55.17

Model Uyum Göstergeleri	
RMSE	0.1072
R^2	0.9977
Ayarlı R^2	0.9975

Figure 10. Results of the three phase linear (TPL) model
Şekil 10. Üç fazlı doğrusal (ÜFD) modelin sonuçları..

3.2. Aynı veri setine farklı modellerin uygulanarak karşılaştırılması

Bu bölümde aynı veri setine araç içerisinde yer alan diğer modellerin uygulanışı ve karşılaştırılması gösterilecektir. *Şekil 4*'te gösterilen verilere Gompertz ve ÜFD modellerinin uygulanması neticesinde sırasıyla *Şekil 9* ve *Şekil 10*'da gösterilen sonuçlar elde edilmiştir. Uygulanan her üç modelin RMSE değerine bakıldığında

[RMSE değeri en önemli ve en doğru model uyum göstergesidir (Ratkowsky, 2004)] en düşük olan Gompertz modelidir. Dolayısıyla bu veri seti için en uyumlu sonuçlar sırasıyla Gompertz, Baranyi ve ÜFD modelleridir. Ancak bu sıralama farklı veri setleri için değişecektir. Her üç modelin parametre değerleri karşılaştırıldığında birbirlerine yakın $\log_{10}N_0$ ve $\log_{10}N_{maks}$ değerleri elde edildiği görülebilir (Şekiller 8, 9 ve 10). Öte yandan Gompertz modelinin en yüksek λ ve μ_{maks} parametrelerini elde ettiği görülmüştür. Aslında bu durum Gompertz modeli için hep eleştiri konusu olmuştur (Dalgaard, 1995; McKellar ve Knight, 2000; Membré ve ark., 1999; Whiting ve Cygnarowicz-Provost, 1992). Dolayısıyla son yıllarda Baranyi modelinin yaygınlaşmasında ve Gompertz modelinin önüne geçmesinde bu eleştirilerin önemli bir katkısı olmuştur.

3.3. ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının ücretli bir yazılımla karşılaştırılması

Uygulamanın her üç model için de ücretli bir yazılım olan SigmaPlot (Versiyon 12.0) programı ile farklı veri setleri (toplamda 20 farklı veri seti denenmiştir.) için karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki parametre değerleri ile model uyum göstergeleri (R^2, ayarlı R^2 ve RMSE) birebir aynıdır ve bu şaşırtıcı değildir çünkü SigmaPlot programı da Excel çözücü de farkların (ya da artıkların) karelerinin toplamını en aza indirgemeye çalışarak parametre değerlerini elde etmektedirler. Ancak, SigmaPlot Marquardt-Levenberg algoritmasını, Excel çözücü ise genelleştirilmiş-azaltılmış fark yöntemini kullanarak bunu gerçekleştirmektedir. Yani, Excel çözücü uygulaması ile doğrusal olmayan regresyon yapmak ve diğer paralı yazılımlar ile aynı sonucu elde etmek mümkündür (Yurdakul ve ark., 2020) fakat SigmaPlot programında parametrelerin standart hata değerleri ÖK-BUZ GRoFiT'e göre daha düşük hesaplanmıştır (gösterilmeyen sonuçlar). Bunun nedeni ise standart hata hesaplamasında ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının MC benzetimi yapması SigmaPlot programının ise varyans-kovaryans matriksini kullanmasıdır. Ancak, doğrusal olmayan modellerde bu yöntemin kullanılması standart hataların olduğundan daha az hesaplanmasına yol açacaktır (Geereard ve ark., 2005). Bu da SigmaPlot programının neden daha düşük parametre standart hatalarını hesapladığını açıklamaktadır. Ayrıca ÖK-BUZ GRoFiT uygulaması ile parametrelerin %95 alt ve üst limitleri de elde edilebilirken SigmaPlot bu değerleri vermemektedir. Yine de kullanıcının bunu hesaplaması mümkündür. Ancak unutulmamalıdır ki bu hesaplama simetrik olacaktır. Yani, parametre değeri ± güven aralığı şeklinde hesaplanabilecektir. Fakat yukarıda da değinildiği gibi doğrusal olmayan regresyonda güven aralıkları simetrik olmayacağından ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının MC benzetimi sonucu elde ettiği parametre üst ve alt limitleri SigmaPlot uygulamasına göre avantajlı görünmektedir.

SigmaPlot programının ÖK-BUZ GRoFiT'e göre avantajlı yanı ise parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını gösteren p-değerini de hesaplamasıdır. Ancak, ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasında parametre değerine ve ilgili parametre değerinin standart hatasına bakarak da o parametrenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını az çok tahmin etmek mümkündür. Örneğin parametre değerinin %20'sinden daha fazla bir standart hata değeri, ilgili parametrenin istatistiksel olarak anlamsız olabileceğini göstermektedir (Motulsky ve Christopoulos, 2003).

4. Sonuç

Bu çalışmada internetten ücretsiz olarak indirilerek kullanılabilen Excel tabanlı ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasının kullanımı gösterilmiştir. Bu uygulama ile mikroorganizmaların kapalı bir ortamda (örneğin bir gıdada) büyümeleri 3 farklı model ile tanımlanabilir. Parametre değerleri, bunların belirsizlikleri (standart hata, %95 üst ve alt limitleri) ve model uyum göstergeleri bulunabilir.

Uygulamayı kullanırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Örneğin en az 12-15 veriye sahip her üç evrenin de (uyum, büyüme ve durma) gözlemlenebildiği veri seti girilmelidir. Daha az veriye sahip bir set girildiğinde bile sonuç almak mümkündür. Ancak, böyle bir durumda parametrelerin standart hatası yüksek, hatta bazen parametrenin kendisinden bile büyük çıkabilir ki bu istenmeyen bir durumdur. Dahası, aynı veri setine aynı modeli birden fazla uygulamak mümkündür. Bu uygulamaların tamamında model parametreleri ve model uyum göstergeleri aynı çıkacaktır. Fakat parametrelerin standart hataları ile %95 üst ve alt limit değerleri farklı çıkabilir. Bu oldukça normal bir durumdur çünkü ÖK-BUZ GRoFiT her seferinde farklı bir MC benzetimi yaparak bunları hesaplamaktadır. Burada unutulmaması gereken konu çıkan her bir sonuç için parametre değerlerinin %95 ihtimalle uygulamada hesaplanan üst ve alt limit değerleri arasında olacağıdır.

Söz konusu uygulamayı kullanmak için ileri düzeyde bir modelleme bilgisine sahip olmaya gerek yoktur. Az da olsa Excel kullanımına aşina olan hemen herkes bu uygulamayı rahatlıkla kullanabilir. Ayrıca bu uygulama sadece mikrobiyal büyüme için değil gıda veya başka disiplinlerde yer alan S-şeklindeki (örneğin kristalizasyon kinetiği) tüm eğrileri tanımlamak için kullanılabilir. İleride, kullanıcılardan gelecek olan yorumlar ile birlikte, yeni büyüme modellerinin de ÖK-BUZ GRoFiT uygulamasına eklenmesi düşünülmektedir. Ayrıca, uygulamanın İngilizce sürümü için de çalışmaların başlatılması düşünülmektedir.

Teşekkür

ÖK-BUZ GRoFiT yazılımının içerisindeki logo kullanımındaki ve uygulamanın web sitesine yerleştirilmesindeki yardımlarından dolayı Zeki ÖZER'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

Arıcı, M. (2006). Gıda muhafazasında yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerinde etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 3(1): 41-49.

Baranyi, J., Roberts, T.A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology* 23 (3-4): 277-294.

Buchanan, R.L., Whiting, R.C., Damert, W.C. (1997). When is simple good enough: a comparison of the Gompertz, Baranyi, and three-phase linear models for fitting bacterial growth curves. *Food Microbiology* 14 (4): 313-326.

Dalgaard, P. (1995). Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish. *International Journal of Food Microbiology* 26 (3): 305-317.

Fujikawa, H., Kano, Y. (2009). Development of a program to fit data to a new logistic model for microbial growth. *Biocontrol Science* 14 (2): 83-86.

Geeraerd, A.H., Valdramidis, V.P., Van Impe, J.F. (2005). GInaFiT, a freeware tool to assess non-log-linear microbial survivor curves *International Journal of Food Microbiology* 102 (1): 95– 105.

Lambert, R.J.W., Mytilinaios, I., Maitland, L., Brown, A.M. (2012). Monte Carlo simulation of parameter confidence intervals for non-linear regression analysis of biological data using Microsoft Excel. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 107 (2): 155–163.

Leylak, C., Yurdakul, M., Buzrul, S. (2020). Gıda bilimlerinde Excel kullanımı 1: Doğrusal regresyon. *Food and Health* 6 (3): 186-198.

McKellar, R.C., Knight, K. (2000). A combined discrete–continuous model describing the lag phase of *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology* 54 (3): 171-180.

Membré J.M., Ross, T., McMeekin, T. (1999). Behaviour of *Listeria monocytogenes* under combined chilling processes. *Letters in Applied Microbiology* 28 (3): 216-220.

Motulsky, H., Christopoulos, A. (2003). Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. A practical guide to curve fitting. GraphPad Software Inc., San Diego CA, pp. 249.

Niyaz, Ö., Demirbaş, N. (2018). Food Safety Perceptions of Fresh Fruits and Vegetables Consumers. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 15(2): 36-44.

Öksüz, H., Buzrul, S. (2020). Monte Carlo analysis for microbial growth curves. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 10 (3): 418-423.

Özçelik, F., Halkman, A.K., Bağder-Elmacı, S. (2019). Mikroorganizma gelişmesi. In: Halkman, A.K. (Ed.) Gıda Mikrobiyolojisi.Başak Mtabaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd., Ankara, ISBN: 978-605-245-683-5, pp. 23– 60. Bölüm 2.

Ratkowsky, D.A. (2004). Model fitting and uncertainty. In: McKellar, R., Lu, X. (Eds.), Modeling Microbial Responses in Foods. CRC Press, Boca Raton, ISBN: 0-8493-1237-X, pp. 151– 196. Chapter 4.

Whiting, R., Cygnarowicz-Provost, M. (1992). A quantitative model for bacterial growth and decline. *Food Microbiology* 9 (4): 269-277.

Yurdakul, M., Leylak, C., Buzrul, S. (2020). Gıda bilimlerinde Excel kullanımı 2: Doğrusal olmayan regresyon. *Food and Health* 6 (3): 199-212.

Zwietering, M.H., Jongenburger, I., Rombouts, F.M., Van't Riet. K. (1990). Modelling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology* 56 (6): 1875–1881.

jotaf
Journal of Tekirdag Agricultural Faculty
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 16/01/21
Kabul/Accepted: 05/04/21
DOI: 10.33462/jotaf.857908

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Yield and Water Use of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Under Different Irrigation Regimes and Fertilizers

Farklı Sulama Rejimleri ve Gübreler Altında Patlıcanın (*Solanum melongena* L.) Verim ve Su Kullanımı

Mahmud ALİ[1], Cafer GENÇOĞLAN[2], Serpil GENÇOĞLAN[3] , Ali Beyhan UÇAK[4]

Abstract

This study was conducted ın Bandırma (Balıkesir, Turkey) during the growing season of the plant in 2017 and 2018 to determine the effect of four levels of irrigation water and three kinds of fertilizer on yield and water use of field-grown eggplant (*solanum melongena*). Treatments included four irrigation regimes, which were 100% (I_{100}, control), 80% (I_{80}), 60% (I_{60}), and 40% (I_{40}) of evaporation from Class A Pan and three different fertilizers, which were chemical fertilizer CHF; N, P, K (20-20-20+15 SO_3) added as 40 kg da^{-1} organic fertilizer (OF) added as 2000 kg da^{-1} and developed organic fertilizer (DOF) added as 2000 kg da^{-1}. Total irrigation water of 305 mm and 360 mm were applied to I_{100} irrigation treatment, in which water use was determined as 447 mm and 436 mm, respectively. In both experiment years, the effect of irrigation level on fruit yield was found to be significant statistically ($p<0.05$) but the effect of fertilizers treatments and irrigation x fertilizer interaction was insignificant ($p>0.05$). The highest yield with 3681and 4515 kg da^{-1} was harvested from I_{100} irrigation treatment, and the lowest yield with 3021 and 2792 kg da^{-1} from I_{40} irrigation treatment, respectively. As for fertilizer, the highest yield with 3462 and 3878 kg da^{-1} was harvested from DOF, while the lowest yield with 3258 and 3629 kg da^{-1} from OF, respectively. Water use efficiency (WUE) ranged from 8.26 to 12.54 kg mm^{-1} and irrigation water use efficiency (IWUE) from 11.9 to 25.68 kg mm^{-1} in the experimental years. Thus, in irrigation programming, the Kcp3: 0.80 plant-pan coefficient and in fertilizer application, DOF is recommended for field-grown eggplant.

Keywords: Chemical fertilizer, Drip irrigation, Eggplant, Organic fertilizer, Water-yield relationship

[1]***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Mahmud ALİ, Department of Bioengineering and Sciences, Institute of Science, University of Kahramanmaras Sutcu Imam, Turkey. E-mail: mahmoudali1968@hotmail.com OrcID: 0000-0002-9000-8385
[2] Cafer Gençoğlan, Department of Biosystem, Faculty of Agriculture, University of Kahramanmaras Sutcu Imam, Kahramanmaraş, Turkey, E-mail: gencoglan@ksu.edu.tr OrcID: 0000-0002-4559-4354.
[3] Serpil Gençoğlan, Adress, Department of Biosystem, Faculty of Agriculture, University of Kahramanmaras Sutcu Imam, Kahramanmaraş, Turkey. E-mail: sgencoglan@ksu.edu.tr OrcID: 0000-0002-7390-8365.
[4] Ali beyhan UÇAK, Department of Biosystem, Faculty of Agriculture, University of Siirt, Siirt, Turkey. E-mail: alibeyhanucak@gmail.com OrcID: 0000-0003-4344-2848
Atıf/Citation: ALİ M., GENÇOĞLAN C., GENÇOĞLAN S., UÇAK A.B., Yield and Water Use of Eggplants (*Solanum melongena* L.) Under Different Irrigation Regimes and Fertilizers. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 533-544.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Bu çalışmanın amacı, üç farklı gübre ve dört farklı düzeydeki sulama suyu miktarlarının patlıcan bitkisinin verimine, kalitesine ve su-verim ilişkisine etkisini belirlemektir. Araştırma, Bandırma koşullarında 2017 ve 2018 yıllarında patlıcan bitkisinin yetişme sezonu boyunca yürütülmüştür. Çalışmada; 3 farklı gübre ve 4 farklı sulama düzeyi kullanılmıştır. Gübre konuları, kimyasal gübre CHF; N, P, K (20-20-20+15 SO3) 40 kg da^{-1} olarak eklendi, organik gübre (OF) 2000 kg da^{-1} olarak eklendi ve gelişmiş organik gübre (DOF) 2000 kg da^{-1} olarak eklenmiştir. Dört farklı sulama konusu ise A Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan oluşan buharlaşmanın % 100 (I_{100}, kontrol), %80 (I_{80}), %60 (I_{60}) ve %40 (I_{40})'nın verilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Sulama suyu miktarı 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 122 - 305 mm ile ve 147 - 360 mm ve bitki su tüketimi araştırma 2017 ve 2018 yılları için sırasıyla 264 - 447 mm ve 217 - 436 mm [533] la değişmeştir. Araştırma sonucuna göre patlıcanın verim değerleri üzerine sulama suyu konusunun etk... ...iksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Gübre uygulaması ve sulama konusu x gübre interaksiyonu etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Araştırmada en yüksek meyve verimi, 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 3681 kg da^{-1} ve 4515 kg da^{-1} ile I_{100} sulama konusundan, en düşük meyve verimi ise sırasıyla 3021 kg da^{-1} ve 2792 kg da^{-1} ile I_{40} sulama konusunda elde edilmiştir. Gübre uygulamalarında her sulama konusu için en yüksek verim 3462 ve 3878 kg da^{-1} DOF uygulamasında ve en düşük verim ise 3258 ve 3629 kg da^{-1} OF gübre uygulamasında elde edilmiştir. Deneme yıllarında su kullanım randamanı (WUE) 8.26 ile 12.54 kg mm^{-1}, sulama suyu kullanım randamanı (IWUE) ise 11.9 ile 25.68 kg mm^{-1} arasında değişmiştir. Bu nedenle sulama programlamasında Kcp3: 0.80 bitki katsayısı ve DOF gübre uygulamasında yetiştirilen patlıcan için önerebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama, Kimyasal gübre, Organik gübre, Patlıcan, Su-verim ilişkisi.

1. Introduction

In our century, the world's population has been constantly increasing, agricultural lands and clean water resources have been gradually decreasing, access to food and water will be more difficult for countries, and agriculture will continue to be the most strategic sector of the two thousand years. In addition to providing basic nutrients by agriculture, the production of fresh fruits and vegetables, in general, is of vital importance in terms of supplying healthy nutrition. With the limited water resources availability in the Middle East and the rapid and unplanned consumption of water in industry and agriculture in recent years, these existing resources are threatened in terms of quality and quantity. Therefore, it is necessary to know the amount of water consumed by cultivated crops for water resources sustainability. In this context, it is necessary to determine the water consumption for eggplant and other vegetables that have a high economic and healthy value. Application of deficit irrigation in crop production is an approach to save water in areas of water shortage and longer drought during the production period to maximize water productivity. Deficit irrigation saves a large amount of irrigation water and increases water use efficiency (Kirda, 2002). Kırnak et al. (2002) results show that eggplant can be drip-irrigated with 8-day irrigation intervals at 80% of Class A Pan evaporation without decreasing yield but with significant water savings and improve fruit quality compared to control. Diaz-Perez (2015) concluded that eggplant tolerate moderate water stress, and plants irrigated at 67% ETc produced fruit yields similar to those of plants irrigated at 100% ETc. So, there is a possibility to save water by decreasing current irrigation rates without negatively affecting the fruit yields. Demirel et al. (2014) reported that yield reductions of 18.16 % and 27.13 % were observed under low and moderate water stress. It was observed that the highest average eggplant fruit weight was in treatment exposed to full irrigation amount (100%). Kırnak et al. (2001) studied the effects of irrigation regime on eggplant and observed that water stress led to a significant decrease in chlorophyll content, leaf water content and vegetative growth, and fruit yield and quality. Chaves et al. (2003) concluded that crop vegetative growth and yield decrease with increasing water stress. Lovelli et al. (2007) illustrated that eggplant fresh yield ranged from 48.2 t ha-1 in kcp:100%, to 11.4 t ha^{-1} in kcp:25%. Aujla et al. (2007) determined fresh eggplant yields varying from 43.1 to 103.1 t ha^{-1} in India. Mohawesh and Karajeh (2014) reported that water deficit reduced the growth of eggplant components. The common cause of the reduced vegetative growth of vegetables under water deficit conditions has been thought to be accelerated leaf senescence, as reported by Kırnak et al. (2002). El-Miniawy (2015) concluded that irrigation using different irrigation regimes significantly affected the eggplant vegetative growth parameters, i.e., plant height, number of branches and leaves, leaf area, and fresh and dry weights of leaves. Among irrigation regimes, the highest plant vegetative growth characters were observed in irrigation treatment after depletion of 70-75% of available soil water. Provided 509 mm of irrigation water led eggplant to intercept 35% of the active light radiation. Therefore, applying irrigation water of 509 mm in semi-arid regions for eggplant production seems to be a more appropriate level for getting a higher yield (Yıldırım, 2015). Ertek et al. (2006) reported irrigation water values varied between 372 mm and 689 mm for furrow irrigated eggplant in Turkey. Aujla et al. (2007) concluded that irrigation water amounts changed between 413 and 826 mm for different treatments for drip-irrigated eggplant in India. The seasonal average ET of drip-irrigated eggplant changed between 905 and 1375 mm by Kırnak et al. (2002) in the Harran plain of Turkey and 719 mm and 1196 mm by Aujla et al. (2007) in India and 147 and 469 mm by Lovelli et al. (2007) in Southern Italy and 150 and 590 mm by Karam et al. (2011) in the central Bekaa Valley of Lebanon, and furrow irrigated between 420 mm and 689 mm by Ertek et al. (2006) in the Mediterranean region of Turkey. Karam et al. (2011) founded the highest WUE value in the deficit irrigation treatment as 5.6 kg mm-1 in Lebanon. Eggplant WUE increased under water stress conditions (Kırnak et al. 2002). Amiri et al. (2012) demonstrated that WUE for eggplant varied from 4.36 to 11.6 kg mm-1; the highest amount of WUE was recorded in plants irrigated every 6 days and received 120 kg nitrogen per hectare. Supplying plants with an optimum level of all plant nutrients are primary for the production of top-quality fruit and good production levels (Hochmuth et al., 1993). Nitrogen is one of the main elements for plant growth and development which plays an important role in plant nutrition and thus, it is one of the factors that limit plant yield and growth in many areas. Nitrogenous fertilizers often have mobility in soils, and they can contaminate soils and groundwater. And therefore, management of N rate, type, application time is very important (DePascale et al., 2006). Rosati et al. (2001) observed that by increasing nitrogen, leaf area index, light interception, and dry matter of eggplant increased. Aminifard et al. (2010) studied the effect of four rates of nitrogen fertilizer on growth and yield of eggplant and found that plant height, branch numbers, leaf chlorophyll content, flower number, fruit weight, and fruit yield

were affected by nitrogen rate. El-Miniawy (2015) concluded that irrigation of eggplants after the depletion of 70-75% of the available soil water plus the application of 100 or 150 kg K_2O feddan^{-1} resulted in the highest vegetative growth and yield of eggplant. De et al. (1996) concluded that increasing K application for eggplant increased vegetative growth parameters, i.e., plant height and crop growth rate as well as dry matter accumulation. Inorganic fertilizers are known as their high cost and their bad environmental effects if managed poorly (Morris et al., 2007). In a certain experiment, the researchers found that using the organic application had the potential to increase the growth and chemical composition of two cultivars of safflower and therefore, ıt may be a good alternative to chemical fertilizers (Naderi and Bijanzadeh, 2014). Louisa and Taguiling (2016) resulted that compost motivate plant growth parameters such as height, number of leaves, fresh weight of plant biomass, and yield of eggplant (*Solanum melongena*). Organic fertilizer was obtained from microbial composting of organic agricultural and domestic wastes. It was found that organic fertilizer application for eggplant ıt will be superior to chemical fertilizers in terms of vegetative growth, fruit yield, and quality attributes. Organic fertilizer slightly decreased the vegetative period and improved the yield components and total marketable fruit yield. Organic fertilizer could be recommended as a complete alternative for chemical fertilizers in eggplant production (Dinh Hoa, 2008). Mechanochemical activation can be defined as a process being able to induce structural disorder through intensive grinding. In certain conditions, it may increase the chemical reactivity of the processed material (Tole et al., 2019). Therefore, the objective of this study was to determine the effects of different irrigation levels on the yield and quality parameters of the eggplant under field conditions using Class A Pan evaporation calculations and different plant-pan coefficients and to study the effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of eggplant (Solanum melongena).

2. Materials and Methods

The experiment was carried out in Bandırma in a field located at 40° 16 '44.4252" North and 28° 4' 18.9552 " Eastern latitudes and longitudes and its altitude is 41 m. The prevailing climate in Bandırma is the Mediterranean Sea and the Black Sea. Besides, because it is located in the transition area of the terrestrial climate of the Balkans, the average lowest and the highest temperature of 52-years are 5.3 ºC and 23.9 ºC with an annual mean of 14 ºC. Rainfall, wind speed, and relative humidity are 14 ºC, 703.3 mm, 15 km h^{-1}, and 73%, respectively (Anonymous, 2017).

Disturbed and undisturbed soil samples belong to the experiment area were taken from 0-30, 30-60, and 60-90 cm soil layers and then physical and chemical analyses were performed on these samples (*Table 1*). The pH of soil ranged from 8 to 8.1, EC 0.76 to 0.84 dS m^{-1}, organic matter %0.68 to %1.2, total nitrogen %0.090 to %0.097, phosphorus 1.44 to 1.69 kg da^{-1}, potassium 59.8 to 83.8 kg da^{-1}, and volume weight (As) 1.28 to 1.31 g cm^{-3}. The soil texture in the first layer (0-30 cm) is sandy clay; in the second layer (30-60 cm) sandy silt clay; the third layer (60-90 cm) silty.

In experiment there is 36 parcels, parcel dimensions were 8 x 4.2 m = 33.6 m^2 The total area of parcels is 1209.6 m^2. The distance between the rows in each parcel 70 cm, the distance between plants in the row is 40 cm. In every row There are 20 plants the total plants in each parcel is 120 plants in. for avoiding interaction between parcels 2 meters' buffer zone was created, so the total area of the experiment was 2380.8 m^2. Total number of eggplant seedlings transplanted in the experiment area is 4320 seedling.

Irrigation water is pumped from the deep well near the experiment plot into a pool. Samples were collected from the irrigation water and then analyzed. The class of irrigation water is determined as C3S1 (*Table 2*), so this water is suitable for irrigation of eggplant as it was reported by Ünlükara et al. (2010).

In the experiment, eggplant cv. Karnaz variety was used as experiment material.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil at the experiment area

Profile (cm)	PH	EC dS cm^{-1}	OM %	Totatal N%	P_2O_5 Kg da^{-1}	K_2O Kg da^{-1}	As (g m^{-3})	WP (P_w)	FC (Pw)	Sand %	Silt %	Clay %	Texture
0-30	8.0	0.76	1.20	0.094	1.69	83.8	1.28	20.4	38.95	30.6	12.1	57.3	Sandy Clay
30-60	8.1	0.82	0.97	0.090	1.44	67.9	1.31	19.8	38.72	30.7	16.0	53.3	Sandy Silt clay
60-90	8.1	0.84	0.68	0.097	<0.7	59.8	1.28	20.3	39.15	28.6	16.0	55.4	silty

As; volume weight of soil, FC; field capacity, OM; organic matter, WP; wilting point.

Table 2. Chemical properties of water used in irrigation

PH	EC µs cm^{-1}	K^+ me L^{-1}	Ca^{++} me L^{-1}	Mg^{++} me L^{-1}	Na^+ me L^{-1}	CO_3^{--} meL^{-1}	HCO_3^- me L^{-1}	Cl^- me L^{-1}	SO_4^{--} me L^{-1}	SAR	RSC me L^{-1}	PS me L^{-1}
7.3	1052	0.06	4.36	3.99	2.51	--	6.18	1.85	2.89	$1.23s_1$	--	3.295

SAR; sodium absorption rate, RSC; residual sodium carbonate, PS; potential salinity.

In the study, treatments were selected to the determinate effect of four different irrigation levels and three different fertilizers on fruit yield, some vegetative growth indicators, and water yield relationship of eggplant. Irrigation and fertilizer treatment was planned in the main and sub-parcels, respectively, and formed in a split plots randomized block design with three replicates. Irrigation treatments were established with 100% ($I_{100,}$ control), 80% (I_{80}), 60% (I_{60}), and 40% (I_{40}) of the total amount of evaporated from Class A Pan when total evaporation was 40 mm or more. Fertilizer treatments were organic fertilizer (OF) with 2000 kg da^{-1}, developed organic fertilizer (DOF) with 2000 kg da^{-1}, and chemical fertilizer (CHF) with 40 kg da^{-1}, which was the control for fertilizers. CHF, which was called compound fertilizers, contains major elements of N, P, K (15-15-15 + 20 SO3). OF and DOF consists of 75% cow manure and 25% chicken manure, prepared in anaerobic fermentation method The difference between Normal Organic fertilizer (OF) and developed organic fertilizer (DOF) is that 20% of developed organic fertilizer prepared by a mechanical activation process using a high energy ball milling machine (Ibrahim et al., 2010). OF and DOF were granulated up to a grain size of 1 to 8 mm to make slow-release organic fertilizers. In both organic fertilizers, OM content is 33%, the humic + fulvic content is 18.4% and the pH is 7.4 (*Table 3*).

Table 3. Chemical properties of organic fertilizers (OF and DOF)

PH	OM. (%)	Moisture (%)	Humik+volvik (%)	Total N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
7.4	32.9	10.7	18.4	1.88	2.04	1.2

In both research years, the experimental area was tilled, plots were created, and fertilizers were applied, and then fertilizer was mixed into soil by hoeing machine. After that, the drip irrigation system was installed, eggplant seedlings were planted in the two research years on 02.06.2017 and 22.05.2018 according to the experiment plan, and also to establish seedlings, irrigation of 50 mm was applied to all experimental plots. Then, scheduled irrigations started based on the amount of evaporation from Class A Pan when the total evaporation amount was equal to or more than 40 mm. The spacing between rows was 70 cm, the spacing within rows was 40 cm, and each parcel with 120 plants contained 6 rows, one of which has 20 plants. Plots size was 8 m x 4.2 m (33.6 m^2). The total number of the plots was 36, the space between the plots was 2 m, the total area of the experiment was 2380.8 m^2. Doing every irrigation before 24 hours, soil samples from layers of 0-30, 30-60, and 60-90 cm were taken by spiral auger method to determine the moisture content in the soil profiles and dried at 105˚ C in the oven for 24 hours. Evapotranspiration (ET) was calculated with the equation (Eq. 1) (Garrity et al., 1982; James et al., 1982; Gençoğlan et al. 2006, Demirel et al., 2012):

$$ET = I + P \pm DSW - Dp - Rf \quad \text{(Eq.1)}$$

Where ET is the evapotranspiration (mm), I the amount of irrigation water applied (mm), P the precipitation (mm), DSW the soil water content change (mm) in the 60 cm soil profile (effective rooting depth of eggplant), Dp the deep percolation (mm), and Rf the amount of runoff (mm). Since the amount of irrigation water was controlled, the runoff was assumed to be zero. Monitoring soil water content in the plots revealed that deep percolation was negligible below 60 cm depth.

In the calculation of the amount of irrigation water, the method is given by Allen et al. (1998) was followed: Crop evapotranspiration is calculated directly using Equation 2.

$$ETc = K_{cp}\, E_{pan} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Where ETc is the crop evapotranspiration (mm), Kcp is the crop-pan coefficient and E_{pan} is pan evaporation (mm). Four crop-pan coefficients, Kcp1 = 0.40, Kcp2 = 0.60, Kcp3 = 0.80 and Kcp4 = 1.00 were used to determine response of eggplant to different level of water. For this aim, a screened Class A Pan (1210 mm in diameter and 250 mm depth and made of Galvanized metal with 0.8 mm thickness) was located on a wooden

base next to the experimental field, surrounded by vegetation but no shadowing (Doorenbos and Pruitt, 1977). Daily evaporation was measured from Class A Pan at 09:00 using by hook gauge. The water level in the pan was kept between 150 - 200 mm, whenever the water level in the pan dropped below 150 mm; the pan was again filled with water up to 200 mm. The daily pan evaporation was calculated by subtracting the hook gauge measurement values from the previous day to the next day. Daily pan evaporation was added and when cumulative pan evaporation was 40 mm and more, irrigations started. The amount of irrigation water was calculated from Equations 3 and 4.

$$I = ETc\ fw \quad \text{(Eq. 3)}$$

$$V = IA \quad \text{(Eq. 4)}$$

Where fw is the wetting factor, V is the volume of irrigation water applied to irrigation plots (L), and A is the plot area (m^2). Eq. (5) was used in the determination of the wetting factor according to plant coverage (Ertek and Kanber, 2003).

$$fw = \frac{a}{b} \quad \text{(Eq. 5)}$$

Where: (a); plant canopy diameter (cm), (b); row spacing (cm).

Plant canopy diameter (a) was taken before every irrigation from the average of 5 plant diameter in each irrigation treatment. Water-use efficiency (WUE) and irrigation water-use efficiency (IWUE) values were calculated as fresh eggplant fruits yield divided by seasonal ET and total seasonal irrigation water applied, respectively (Tanner and Sinclair, 1983; Howell et al., 1990). Regression analysis was used to determine production functions for eggplant yield versus I and ET. Marketable eggplants were hand-harvested five times and weighed from August 9th to October 5th in the first season and from July 19th to September 12th in the second season. After the last fruit harvest, removing them from the soil with their roots and cleaned from the soil, all the plants in each parcel were weighed.

Analysis of variance was performed on yield and plant fresh weight, 5% level of significant difference (LSD at $P<0.05$) was used in ANOVA to test the effect of irrigation and fertilizers treatments on different response variables (Steel and Torrie, 1980).

3. Results and Discussion

3.1. Applied irrigation water (I) and evapotranspiration (ET)

In two growing season, total pan evaporation was measured as 579 and 599 mm, and precipitation were 143 and 86 mm, and treatments were irrigated 12 and 13 times (*Table 4*). Total amounts of applied irrigation water changed between 122 and 305 mm in 2017, and between 147 and 360 mm in 2018 The differences in irrigation water between the two experiment years related to the differences in precipitation (*Table 4*). Evapotranspiration ranged from 264 to 447 mm in the first year and 217 mm to 436 mm in the second year (*Table 4*). The relations between irrigation I, evapotranspiration ET and yield were defined respectively as Y = 3.6*I + 2575, Y = 8.2*I + 1683, Y = 3.6*ET + 2064, Y = 8.0003*ET + 1144. Significant linear relationships were obtained between the irrigation water (I, mm) and evapotranspiration (ET, mm) versus eggplant yield for irrigation treatments ($P < 0.05$) (*Figure 1*). It can be concluded that as the amount of irrigation water and ET value increased from I_{40} to I_{100}, the yield of eggplant fruits increased, and also the seasonal evapotranspiration (ET) increased with the increasing amount of irrigation (I). Ertek et al. (2006) reported that the amount of irrigation water ranged from 372 to 689 mm, while the average plant water consumption values vary between 420 and 689 mm. Ayas (2017) concluded that irrigation water and evapotranspiration of eggplant ranged from 85 to 464 mm 170 to 472 mm. Şenyiğit et al. (2011) found the amount of the applied irrigation water and evapotranspiration (ET) ranged between 95.2 and 238.7 mm, and from 93.1 to 466.3 mm in the greenhouse. Çolak et al. (2017) reported that the total amount of the applied irrigation water changed between 243 mm and 495 mm among the surface drip-irrigated treatments and it varied from 228 mm to 446 mm in the subsurface drip plots. He found that evapotranspiration (ET) of eggplant was between 339 and 543 mm in surface drip system treatments and 306 and 495 mm in subsurface drip system treatments. Lovelli et al. (2007) found that eggplant evapotranspiration (ET) varied from 339 to 543 mm and from 306 to 495 mm in surface drip and from 306 to 495 mm in subsurface drip

treatments, respectively. The results were obtained by Ayas (2017), Çolak et al. (2017), and Şenyiğit et al. (2011) are compatible with this research results. However, the results obtained by Ertek et al. (2006) are somewhat different due to different irrigation management and climatic conditions in the research area. About the effect of fertilizer on ET, no effect has been noticed, because the same amounts of water have been applied to all fertilizer treatments in every irrigation treatment depending on Class A Pan evaporation.

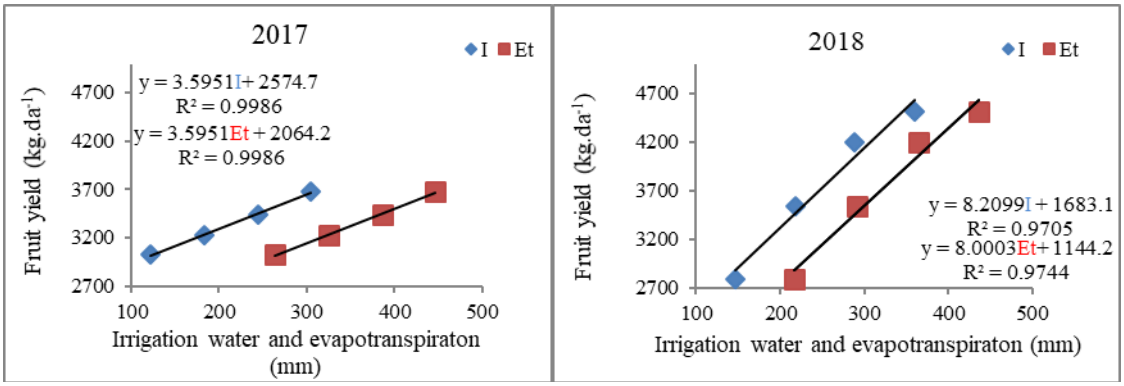


Figure 1. Yield and irrigation water and evapotranspiration relationship (2017-2018)

Table 4. Applied irrigation water amounts and calculated evapotranspiration in irrigation plots

	2017						2018					
Irr. no.	I_{40} (mm)	I_{60} (mm)	I_{80} (mm)	I_{100} (mm)	P (mm)	ET (mm)	I_{40} (mm)	I_{60} (mm)	I_{80} (mm)	I_{100} (mm)	P (mm)	ET (mm)
1	5.0	5.0	5.0	5.0	0	47	5.0	5.0	5.0	5.0		48
2	2.7	4.1	5.37	8	0	97	2.29	3.43	4.57	5.71	27.53	40
3	6.31	9.4	12.14	15.6	59.0	42	3.60	5.40	7.20	9.00	1.5	68
4	7.11	10.8	14.4	18	0	47	8.60	12.90	17.20	21.50	16.9	43
5	8.5	12.9	17.2	21.49	0	50	9.60	14.40	19.20	24.00		42
6	11	18.2	25.71	32.14	21.6	42	11.30	17.00	22.60	28.30		44
7	12	18.0	24.02	30.02	6.8	40	12.60	18.90	25.10	31.40		72
8	11.8	17.8	23.77	29.71	0	41	14.40	21.60	28.80	36.00		42
9	12.4	19.3	25.77	32.21	0	45	14.90	22.30	29.70	37.10		40
10	15	22.6	30.85	38.57	37.6	40	16.00	24.00	32.00	40.00		40
12	15	22.3	29.71	37.14	0	40	16.80	25.20	33.60	42.00	39.85	40
12	15	22.3	29.71	37.14	17.9	48	16.00	24.00	32.00	40.00		40
13							16.00	24.00	32.00	40.00		40
Top.	122	183	244	305	142.9	579	147	218	289	360	86	599

3.2. Fruit yield

Plants flowered about one month after planting and the fruit was harvested five times from 09 August 2017 to 05 October 2017 and from 19 July 2018 to 12 September 2018. In both years, the highest fruit yields were obtained from I_{100} irrigation treatment with 3681 and 4515 kg da^{-1} followed by I_{80} (3440, 4203 kg da^{-1}) and I_{60} (3227, 3546 kg da^{-1}) while the lowest yield was 3021 and 2792 kg da^{-1} harvested from I_{40} irrigation treatment, respectively. In the fertilizer treatments, the highest yields were harvested from DOF with 3462 and 3878 kg da^{-1}, in both seasons respectively followed by CHF with 3307 and 3784 kg da^{-1} while the lowest yield was 3258 and 3629 kg da^{-1} from OF, respectively as seen in *Figure 2*.

The effects of irrigation levels on yield were found to be statistically significant ($P<0.05$) and the LSD test formed the average yield of 3 groups. In the rank, I_{100} and I_{80} were first in group A so I_{80} irrigation level would be recommended to eggplant producer where water consumption is lower and at the same time they were in the same level of yield, I_{60} second in group B, and I_{40} third in group C. It was found to be insignificant ($P> 0.05$) for

fertilizer treatment and irrigation x fertilizer interaction (*Table 5*). The reason why the eggplant yield varied in experimental years is the difference in the previously cultivated crops and weather conditions.

The results showed that as the amount of irrigation water increased the eggplant yield increased (*Figure 1*). On the other hand, among the fertilizer treatments, the highest fruit yield of eggplant was harvested from DOF (*Figure 2*), the reason for this is that DOF fertilizer is developed and activated in a way that makes nutrients more easily available and absorption by the plant (Ibrahim et al., 2010; Tole et al., 2019). These results coincide with that obtained by Aujla et al. (2007) who found that fruit yield of eggplant had a positive response to the increase of nitrogen fertilizer under different irrigation levels. Amiri et al. (2012) concluded that the influence of irrigation on fruit yield was found significant and higher than the influence of N fertilization and he found among all treatments, irrigation in 6 days interval and application of 120 kg N ha^{-1} had the highest fruit yield (51.12 ton ha^{-1}). Gaveh et al. (2011) demonstrated that total marketable yield in the season increased with increasing irrigation. Kırnak et al. (2001) demonstrated that water stress resulted in a reduction of fresh fruit yield and fruit size of the eggplant. Also, Şenyiğit et al. (2011) reported that the highest yield was obtained from full irrigation treatment and 10% reduction of full irrigation amount. Gaelen (2012) demonstrated that the highest yield (3154 kg da^{-1}) was at full irrigation and the lowest yield (1321 kg da^{-1}) at no irrigation. In other eggplant studies, Karam et al. (2011) reported eggplant yields varying between 13.4 and 33.8 t ha^{-1} for full and deficit irrigation regimes and Ertek et al. (2006) found that the yield of eggplant fruits ranged between 1010 and 2114 kg da^{-1} and Lovelli (2007) reported that eggplant yields varying between 11.4 t ha^{-1} at kcp: 0.25 and 48.2 t ha^{-1}at kcp: 0.1. Yenigün and Erdem (2019) found that the yield of eggplant fruits ranged between 2180 and 4760 kg da^{-1} . As a result, deficit irrigation reduces the yield of eggplant (English, 1990; Pereira et al., 2002; Karam et al., 2006; Fereres and Soriano, 2007).

As a result, deficit irrigation reduces the yield of eggplant (English, 1990; Pereira et al., 2002; Karam et al., 2006; Fereres and Soriano, 2007). All these results are consistent with the results of this research but the changes in yield were due to the difference in irrigation management, soil, eggplant varieties, and climatic conditions. Overall, the result of most studies 'related to eggplant productivity, morphological, and physiological responses under water-conditions limited' showed reductions in fruit yield, quality, and plant vegetative development.

Table 5. Eggplant fruit yield (kg da^{-1})

Year	2017					2018				
Treatment	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}	Average of fer.	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}	Average of fer.
DOF	3128	3403	3604	3714	3462	2928	3678	4312	4593	3878
CHF	2999	3111	3424	3693	3307	2727	3611	4218	4579	3784
OF	2937	3168	3293	3635	3258	2722	3340	4079	4375	3629
Average of irrigation	$3021^{(c)}$	$3227^{(bc)}$	$3440^{(ab)}$	$3681^{(a)}$		$2792^{(c)}$	$3546^{(b)}$	$4203^{(a)}$	$4515^{(a)}$	
LSD (0.05)	267					233				

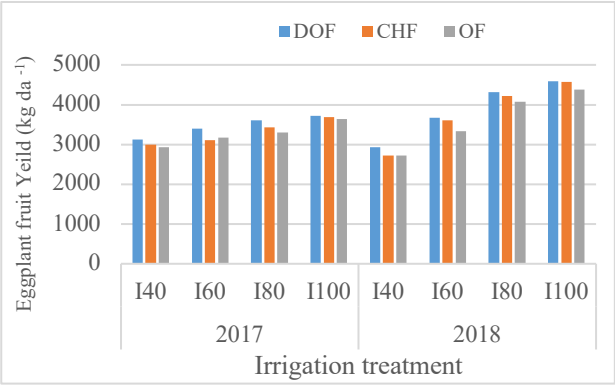


Figure 2. Eggplant fruit yield harvested from irrigation and fertilizer treatment

3.3. Water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE)

WUE and IWUE changed depending on irrigation levels and as the amount of irrigation water increased in general, the WUE and IWUE decreased (*Table 6*). As it presented in *Table 6*, in both year, the highest WUE obtained from I_{40} as 11.44 and 12.87 kg mm^{-1}, respectively and followed by I_{60} (9.93 and 12.14 kg mm^{-1}) and I_{80} (8.91 and 11.52 kg mm^{-1}) while the lowest WUE from I_{100} as 8.23 and 10.36 kg mm^{-1}, respectively. The highest IWUE in both seasons obtained from I_{40} as 24.76, 18.99 kg mm^{-1}, respectively, and followed by I_{60} (17.65 and 16.27 kg da^{-1}) and I_{80} (14.10 and 14.54 kg da^{-1}) while the lowest IWUE from I_{100} as 12.07and 12.54 kg mm^{-1}, respectively.

Even though the highest irrigation water was applied to the I_{100} treatment, that's IWUE and WUE value was the lowest. On the other hand, in the I_{40} treatment applied the lowest irrigation water, the values of IWUE and WUE were higher. Aujla et al. (2007), Lovelli et al. (2007), and Karam et al. (2011) concluded to be the highest WUE value with 11.9 kg mm^{-1}, 10.3 kg mm^{-1}, and 5.6 kg mm^{-1} in the limited irrigation application, respectively. Ayas (2017) found to be maximum both WUE and IWUE values with 9.48 kg mm^{-1} and 13.14 kg mm^{-1} from Kcp4: 0.25 treatments.

The results of this experiment are similar to those given above. Kırnak et al. (2002) found increased WUE values under water stress conditions for eggplant. The higher WUE of plants under stress conditions is because stressed plants wilt far more than unstressed plants and wilting invariably occurs in times when the saturation deficit of the atmosphere is large (Bloch et al., 2006).

Generally, it could also be observed that as the eggplants were exposed to water stress, the water use efficiency of eggplants increased. The lowest amount of water applied (I_{40}) recorded the highest WUE value, whereas the highest amount of water applied (I_{100}) resulted in the lowest WUE values in that order. The phenomena whereby water-stressed plants give the higher WUE indicates that as the crops are exposed to water stress there is high dry matter accumulation in the fruit. According to Birhanu and Tilahun (2010), this observation can be attributed to the fact that as total plant biomass decreases with water stress level, fruit dry matter increased, hence there is an increase in water use efficiency when water stress level increases. It was found that the highest WUE and IWUE was in DOF followed by CHF and OF. The reason for higher WUE and IWUE in DOF plot was that DOF increased eggplant yield (*Figure 3*).

Table 6. Irrigation amount, water requirement water, and irrigation water use efficiency

	2017				2018			
Irrigation treatment	I (mm)	ET (mm)	IWUE (kg mm^{-1})	WUE (kg mm^{-1})	I (mm)	ET (mm)	IWUE (kg mm^{-1})	WUE (kg mm^{-1})
I_{40}	122	264	24.76	11.44	147	217	18.99	12.87
I_{60}	183	325	17.63	9.93	218	292	16.27	12.14
I_{80}	244	386	14.10	8.91	289	365	14.54	11.52
I_{100}	305	447	12.07	8.23	360	436	12.54	10.36

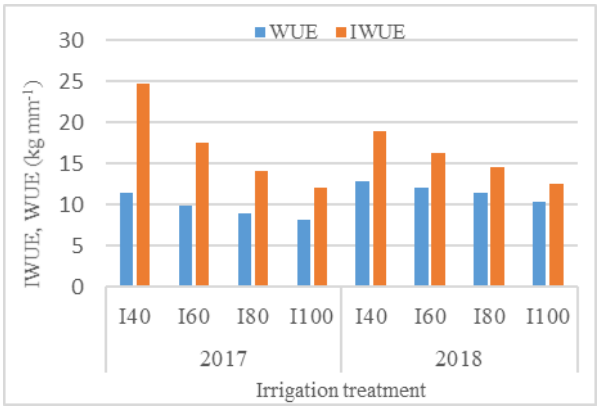


Figure 3 Effect of irrigation level on WUE and IWUE

3.4. Plant fresh weight (PFW)

At the end of the growing season after the last harvest the plant fresh weight was determined, the highest PFW was obtained from I_{100} irrigation treatment as 4216 and 3906 kg da^{-1} in 2017 and 2018 respectively, followed by I_{80} as 4117 and 3788 kg da^{-1} then I_{60} as 3775 and 2953 kg da^{-1} while the lowest PFW was obtained in two years with 3118 and 2548 kg da^{-1} at I_{40} irrigation treatment, respectively as it presented in *Table 7*. For the effect of fertilizer treatment on PFW in every irrigation treatment, the highest was at DOF fertilizer treatment and the lowest was at OF fertilizer treatment as seen in *Figure 4*.

The effect of irrigation treatments on plant fresh weight values was statistically significant ($P<0.05$). According to the LSD test, it was in 3 groups, I_{100} and I_{80} in group A, I_{60} in group B, and I_{40} in group C in both seasons. This may be due to the role of water in translocation of photosynthetic assimilates (Inalpulat et al. 2014), thus reflected increases in most of PFW, or due to the depression effect of soil dryness on leaves formation, function, and growth development. It was found to be insignificant for fertilizer treatment and irrigation x fertilizer interaction ($P> 0.05$). Bafeel and Moftah (2008) suggested that the negative effect of drought stress on the yield and its components may be related to the decrease in vegetative growth. Abdrabbo et al. (2017) reported that the highest plant fresh weight was 1399 g $plant^{-1}$ at I_{100} irrigation treatment, also Özbek and Kaman (2017) stated the highest plant fresh weight was 1285.5 g/plant at I_{100} irrigation treatment. The results observed from this research is in agreement with those researches result.

Table 7. Some plant growth and fruit variables result

Year	2017				2018			
Irrigation treatment	I_{100}	I_{80}	I_{60}	I_{40}	I_{100}	I_{80}	I_{60}	I_{40}
Plant fresh weight (kg da^{-1})	4216$^{(a)}$	4117$^{(a)}$	3775$^{(b)}$	3118$^{(c)}$	3906$^{(a)}$	3778$^{(a)}$	2953$^{(b)}$	2548$^{(c)}$

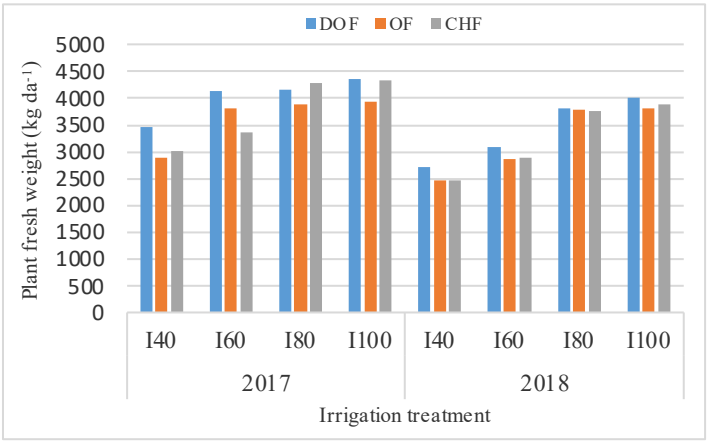


Figure 4. Effect of irrigation level and fertilizers on Plant Fresh weight

4. Conclusions

Under Bandırma climatic conditions in 2017-2018 growing years, in four irrigation levels applied by drip irrigation method, and three fertilizers, it was significant differences between the irrigation treatments in yield and plant fresh weight ($P<0.05$). But no significant differences were found between I_{100} and I_{80} treatments in yield and plant fresh weight in two experiment years. The data obtained from I_{100} and I_{80} treatments were taken place in the same group by LSD test and IWUE was higher in I_{80} (14.54 kg mm^{-1}), therefore we can say I_{80} most suitable irrigation program for eggplant. No significant effect noticed between fertilizers treatments in two experiment years ($P>0.05$), nevertheless, it can be said that chemical fertilizer can be replaced by developed organic fertilizer because the highest yield was obtained from DOF fertilizer treatment, at the other side to avoiding the health and environmental damage of chemical fertilizer.

Acknowledgment

We would like to thank Yeşil Hayat Makine ve Sanayi AŞ. Company for supplying the materials and fertilizers of this research.

References

Abdrabbo, M. A. A., Saleh. S. M. and Hashem, F. A., (2017). Eggplant Production under Deficit Irrigation and Polyethylene Mulch. Egypt. *J. of Appl. Sci*., 32 (7) 148-161.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998). Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements, *Irrigation, and Drainage*. Paper No: 56, FAO, Rome, p. 300.

Aminifard, M., Aroiee, H., Fatemi, H., Ameri, A., Karimpour, S., (2010). Responses of Eggplant (*Solanum melongena* L.) to Different Rates of Nitrogen under Field Conditions. *Journal of Central European Agriculture*. 11 (4) P: 453-458.

Amiri, E., Gohari, A., and Esmailian, Y., (2012). Effect of Irrigation and Nitrogen on Yield, Yield Components, and Water Use Efficiency of Eggplant. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(13), pp. 3070-3079. Available online at *http://www.academicjournals.org/AJB* DOI: 10.5897/AJB11.2450 *ISSN 1684–5315 © 2012 Academic*.

Anonymous, (2017). *http://www.bandirma.gov.tr*/iklim-ve-cografi-konum.

Aujla, MS., Thind, HS., and Buttar, GS., (2007). Fruit Yield and Water Use Efficiency of Eggplant (Solanum Melongema L.) as Influenced by Different Quantities of Nitrogen and Water Applied Through Drip and Furrow Irrigation. *Scientia Horticulturae* 112 (2007) 142-148.

Ayas, S., (2017). The Effects of Irrigation Regimes on the Yield and Water Use of Eggplant (*Solanum melongena* L.) *Toprak Su Dergisi*, 6 (2): 49-58.

Bafeel, SO., Moftah, AE., (2008). Physiological Response of Eggplants Grown under Different Irrigation Regimes to Anti transplant treatments. *Saudi J. Biol. Sci*. 15(2): 259-267.

Birhanu, K., and Tilahun, K., (2010). Fruit Yield and Quality of Drip-Irrigated Tomato under Deficit Irrigation. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition, and Development;* 10(2), 2139-2157.

Bloch, D., Hoffmann, C.M., Marlander, B., (2006). Impact of Water Supply On Photosynthesis, Water Use, and Carbon Isotope Discrimination of Sugar beet genotypes. *Eur. J. Agron*. 24, 218–225.

Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., (2003). Understanding Plant Responses Todrought From Genes to Whole Plant. *Funct. Plant Biol*. 30, 23–264.

Çolak, Y.B., Yazar, A., Çolak, İ., Akça, H., Duraktekin, G., (2017). Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant Undervarying Irrigation Regimes Using Surface and Subsurface Drip Systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4(1), 372 – 382.

De, C., Jun Jie, H. and Kui C., (1996). Studies on Fertilizer Application Levels of Seedling Stage of Eggplant Raised with Mixed Media. *China Vegetables*, 4: 16-18.

Demirel, K., Genc, L., Bahar, E., Inalpulat, M., Smith, S., & Kizil, U., (2014). Yield Estimate Using Spectral Indices in Eggplant and Bell Pepper Grown Under Deficit Irrigation. *Fresenius Environ. Bull*, 23, 1232-1237.

Demirel, K., Genç, L., Saçan, M. (2012). Yarı Kurak Koşullarda Farklı Sulama Düzeylerinin Salçalık Biberde (Capsicum Annum Cv. Kapija) Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2):7-15

DePascale, S., R. Tamburrino, A. Maggio, G. Barbieri, B. Fogliano, and R. Pernice., (2006). Effect of Nitrogen Fertilization on the Nutritional Value of Organically and Conventionally Grown Tomatoes. *Acta Hortic*. 700: 107-110.

Diaz-Perez, J., (2015). Eggplant (Solanum melongena L.) Plant Growth and Fruit Yield as Affected by Drip Irrigation Rate. *HORTSCIENCE* 50(11):1709–1714.

Dinh Hoa Vu., (2008). Effect of Organic Fertilizer on Fruit Yield and Quality of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *In AGRIS since*, 13(3):137-142.

Doorenbos, J., Pruitt, W.O., (1977). Guidelines for Predict of Water Requirement*. Irrigation and Drainage* No. 24, FAO, Rome, p. 144.

El-Miniawy, S., (2015). Growth and Yield of Eggplant Grown under Drought Stress Conditions and Different Potassium Fertilizer Rates. *Middle East Journal of Agriculture Research* ISSN 2077-4605 Volume: 04 | Issue: 04 | Oct.-Dec. P:1113-1124.

English, M.J., (1990). Deficit Irrigation: Analytical Framework. *J. Irrig. Drain. Eng*. 116(1), 399-412

Ertek, A., Kanber, R., (2003). Effects of Different Drip Irrigation Programs on the Boll Number and Shedding Percentage and Yield of Cotton. *Agric. Water Manage*. 60, 1–11.

Ertek, A., Sensoy, S., Kucukyumuk, C., Gedik, I., (2006). Determination of Plant-pan Coefficients for Field-Grown Eggplant (Solanum melongena L.) Using Class, A pan Evaporation values. *Agric.Water Manage*., (85): 58–66.

Fereres, E., Soriano, M. A., (2007). Deficit Irrigatıon for Reducing Agricultural Water Use. *Journal of Experimental Botany*. 58(2), 147-159.

Gaelen, H., (2012). Validation of The Aqua Crop Model for Irrigated African Eggplant (*Solanum macrocarpon*) at the Unza Field Station. *The University of Zambia Lusaka*: 99(1).

Garrity, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., Gilley, J.R., (1982). Moisture Deficits and Grain Sorghum Performance: Evapotranspiration–yield Relationships. *Agron. J.* 74, 815–820.

Gaveh, E. A., Timpo, G. M., Agodzo, S. K., and Shin, D. H., (2011). Effect of Irrigation, Transplant Age, and Season on Growth, Yield, and Irrigation Water Use Efficiency of the African Eggplant. *Hort. Environ. Biotechnol*. 52(1):13-28.

Gençoğlan, C., Altunbey, H., Gençoğlan, S., (2006). Response of Green Bean (P. Vulgaris L.) to Subsurface Drip İrrigation and Partial Root Zone-Drying Irrigation. *Agricultural Water Management*, 84(3): 274-280.

Hochmuth, G.J., R.C. Hochmuth, M.E. Donley and E.A. Hanlon, (1993), Eggplant yield in response to potassium fertilization in sandy soil. *Hort. Science*, 28(10): 1002-1005.

Howell, T.A., Cuence, R.H., Solomon, K.H., (1990). Crop Yield Response. In: Hoffman, G.J., et al. (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. *ASAE, St. Joseph, MI*, p. 312.

Ibrahim S. S., El-Midany A. A., Boulos T. R., (2010). Effect of Intensive Mechanical Stresses on Phosphate Chemistry as A Way to Increase Its Solubility for Fertilizer Application. Physicochem. Probl. *Miner. Process*. 44- 79-92.

Inalpulat, M., Genc, L., Kizil, U. and Aksu, S., (2014). Responses of Eggplant to Pruning Under Irrigation Deficiency. Int. Conf. on Biological, Civil, and Environmental Engineering March 17-18, Dubai, UAE.

James, D.W. Hanks, R. J., Jurinak, J.J., (1982). Modern Irrigation Soils. *John Wiley and Sons. New York*, pp 235.

Karam F., Sabiha R., Skaf S., Breidy J., RouphaelY. And Balendonck J., (2011). Yield and Water Use of Eggplants (Solanum Melongena L.) Under Full and Deficit Irrigation Regimes. *Agricultural Water Management* 98: 1307-1316.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Daccache, A., Mounzer, O., Rouphael, Y., (2006). Water Use and Lint Yield Response of Drip Irrigated Cotton to the Length of Irrigation Season. *Agric. Water Manage*. 85(3), 287-295.

Kırnak, H., Kaya, C., Tas, I., Higgs, D., (2001).The Influence of Water Deficit on Vegetative Growth, Physiology, Fruit Yield, and Quality in Eggplants. Bulgarian, *J. Plant Physiol.* 27(3-4): 34-46.

Kırnak, H., Tas¸, ˙I., Kaya, C., Higgs, D., (2002). Effects of Deficit Irrigation on Growth, Yield and Fruit Quality of Eggplant under Semi-Arid Conditions. *Aust. J. Agric. Res*. 53, 1367–1373.

Kirda C., (2002). Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance. Deficit Irrigation Practice. *Water Rep. Rome FAO*, 22: 3-10.

Louisa MA, Taguiling G., (2016). Response of Some Vegetable Plants to Green Biomass Enriched Compost. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* (IOSRJAVS). 9(5):67-74 [e-ISSN: 2319-2380] [p-ISSN: 2319-2372] Available: www.iosrjournals.org.

Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A., Tommaso, T., (2007). Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of Carthamus Tinctorius L. And Solanum melongena L. *Agricultural Water Management*, (92):73-80.

Mohawesh, O. and Karajeh, M., (2014). Effects of Deficit Irrigation on Tomato and Eggplant and Their Infection with the Root-Knot Nematode under Controlled Environmental Conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2014 Vol. 60, No. 8: 1091–1101.

Morris, M., Kelly, VA., Kopicki, RJ. and Byerlee, D., (2007). Fertilizer use in African Agriculture: Lessons learned and good practice guidelines. Washington, DC: The World Bank. The Rain Forest Area of Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*. 5:20-23.

Naderi, R., Bijanzadeh, E., (2014). Organic amendments and nitrogen effects on growth and chemical composition of two cultivars of safflower (Carthamus tinctorius L.) *Australian Journal of Crop Science*. 8(4):577-581.

Özbek, Ö. and Kaman, H., (2017). Yarı ıslatmalı sulamayla patlıcan yetiştiriciliği. *Akademik Ziraat Dergisi* Cilt:6 Özel Sayı:289-296.

Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A., (2002). Irrigation Management under Water Scarcity. *Agric. Water Manage*. 57, 175-206.

Rosati A, Badeck FW, Dejong TM (2001). Estimating Canopy Light Interception and Absorption Using Leaf Mass Per Unit Leaf Area in Solanum melongena. *Ann. Bot*. 88: 101-109.

Steel, R.G.D., Torrie, J.H., (1980). Principles and Procedures of Statistics, second ed. *McGraw-Hill*, New York.

Şenyiğit, U., Kadayifci, A., Ozdemir, F. O., OZ, H., and Atilgan, A.,(2011). Effects of Different Irrigation Programs on Yield and Quality Parameters of Eggplant (Solanum melongena L.) Under Greenhouse Conditions Department of Agricultural Structure and Irrigation, Faculty of Agriculture, *Suleyman Demirel University*. No: 32260, Isparta.

Tanner, C.B., Sinclair, T.R., (1983). Efficient Water Use in Crop Production: research or re-search? In: Taylor, H.M., et al. (Eds.), Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. *ASA, Madison,* WI, pp. 1–27.

Tole, I., Habermehl-Cwirzen, K. and Cwirzen, A., (2019). Mechanochemical Activation of Natural Clay Minerals: An Alternative to Produce Sustainable Cementitious Binders. *Mineralogy and Petrology*. 113: 449–462.

Ünlükara, A., Kurunc¸ A., Kesmez, G., Yurtseven, E., AND Suarez, D., (2010) Effects of Salinity on Eggplant (*Solanum Melongena* L.) Growth and Evapotranspiration. *Irrig. and Drain*. 59: 203–214.

Yenigün, S.D., Erdem, T., (2019). Determination of Water Use Characteristics of Eggplant in Tekirdağ Conditions. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.*16(2): 19-30

Yıldırım, M., (2015). Water and Radiation Use Efficiency of Eggplant Under None Water Stress Condition in Semi-Arid Region. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg*. (*COMU J. Agric. Fac.*) 3 (2): 71–77.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 12/01/21
Kabul/Accepted: 07/04/21
DOI: 10.33462/jotaf.859541

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Investigating of Some Agricultural and Quality Traits of Advanced Barley (*Hordeum vulgare* L.) Lines

İleri Kademe Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Hatlarının Bazı Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Araştırılması

Ali Cevat SÖNMEZ

Abstract

To meet the increasing raw material demand of the livestock and food sectors in our country is a need for new high-quality barley varieties that have a short vegetation period, resistance to lodging, homogeneous and plump grain, high grain and biomass yield, and compatible with the climate of the Central Anatolia Region. To meet this need, it was aimed to determine the appropriate lines by comparing 18 advanced barley lines belonging to the Transitional Zone Agricultural Research Institute with the standard varieties widely grown in the region. The trials were carried out in two locations, Eskişehir Center and Hamidiye fields of the Transitional Zone Agricultural Research Institute in the 2017-2018 crop year, in rainfed conditions. The trials were set up as a randomized complete block design with 4 replications in Eskişehir and 3 replications in Hamidiye. In the study, grain yield, days to heading, plant height, lodging score, thousand-grain weight, plump grain ratio, grain protein, and beta-glucan ratio properties of the breeding material were investigated. According to the results of the analysis of variance by combining the location averages, the differences between genotypes in all parameters except the beta-glucan ratio were found to be statistically significant. In the study were obtained that grain yield is between 4.56-6.67 t ha^{-1}; days to heading are between 115.4 - 124 days; plant height is between 81.6-101.4 cm; lodging score is between 0-100%; thousand-grain weight is between 35.7-47.4 g; the plump grain ratio is between 52.0-94.3%; grain protein content is between 10.05-12.75%; ß-glucan values are between 3.67-4.33% were obtained. Also, in the correlation analysis, a negative relationship was found significant between grain yield and days to heading, lodging score, and protein content characteristics, while a relationship was found significant to be positive with the plump grain ratio feature. When all the parameters are evaluated together, it is seen that lines 8, 11, 13, 14, 18, and 22 stand out as candidates for variety.

Keywords: Barley, Grain yield, Correlation, Quality, Selection

1*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Cevat SÖNMEZ, Geçit Kuşağı Agricultural Research Institute, Ziraat St. No:396 Tepebaşı, Eskişehir, Turkey E-mail: alicevat.sonmez@tarimorman.gov.tr OrcID: 0000-0002-9818-2660
Atıf/Citation: SÖNMEZ A.C. Investigating of Some Agricultural and Quality Traits of Advanced Barley (*Hordeum vulgare* L.) Lines. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 545-556.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Ülkemizdeki hayvancılık ve gıda sektörlerinin giderek artan hammadde talebini karşılamak için Orta Anadolu Bölgesi iklim koşullarına uyumlu vejetasyon süresi kısa, yatmaya dayanıklı, homojen ve dolgun taneli, yüksek tane ve biyomas verime sahip kaliteli yeni arpa çeşitlerine ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı gidermek amacıyla Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü 'ne ait ileri kademe 18 adet arpa hattı bölgede yaygın olarak yetiştirilen standart çeşitlerle kıyaslanarak uygun hatların belirlenmesi hedeflenmiştir. Denemeler 2017-2018 ürün yılında yağışa bağımlı koşullarda Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü 'nün Eskişehir Merkez ve Hamidiye deneme arazileri olmak üzere iki lokasyonda yürütülmüştür. Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde Eskişehir de 4 tekerrürlü ve Hamidiye de ise 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada ıslah materyalinin tane verim, başaklanma süresi, bitki boyu, yatma değeri, bin tane ağırlığı, dolgun tane oranı tane protein ve beta-glukan oranı özellikleri incelenmiştir. Lokasyon ortalamaları birleştirilerek yapılan varyans analizi sonuçlarına göre beta-glukan oranı dışında tüm parametrelerde genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Denemede ortalama olarak tane verim 4.56-6.67 t ha^{-1} arasında; başaklanma süresi 115.4-124 gün arasında; bitki boyu 81.6-101.4 cm arasında; yatma değeri % 0-100 arasında; bin tane ağırlığı 35.7-47.4 g arasında; dolgun tane oranı %52.0-94.3 arasında; tane protein içeriği % 10.05-12.75 arasında; ß-glukan oranı ise % 3.67-4.33 arasında elde edilmiştir. Ayrıca yapılan korelasyon analizinde tane verim ile başaklanma süresi, yatma değeri ve tane protein oranı özellikleri arasında olumsuz ilişki anlamlı görülürken, dolgun tane oranı özelliği ile olumlu ve önemli bulunmuştur. Tüm özellikler birlikte değerlendirildiğinde 8, 11, 13, 14, 18 ve 22 nolu hatların çeşit adayı olarak öne çıktıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Tane verim, Korelasyon, Kalite, Seleksiyon

1. Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the first plants to be domesticated by humanity (Smith and Nesbitt, 1995) and continues to play an essential role in modern agriculture today (Harwood, 2019). Although barley is mostly consumed as animal feed in our country, a little remaining of it is also used for malt production. Also, its use as a functional food is gradually increasing due to its content of dietary fibers, proteins, β-glucan, and arabinoxylan, which have a positive effect on human health (Baik and Ulrich, 2008; Köten et al., 2013).

The animal feed raw material production is inadequate in Turkey and was 3.9 billion USD paid for import in 2018 (Özkan, 2020). Increasing barley production will play an important role in meeting this need and reducing imports. Turkey is a significant barley producer with 8.3 million tons (Anonymous, 2021a) produced in 2020, 5.3% of the world production (Anonymous, 2021b), which was 156.4 million tons in total, was realized. Due to the development of animal husbandry and the fact that barley is earlier maturing than wheat, barley production is increasing as the first crop in areas where two crops can be grown per year (Öztürk et al., 2007). Lodging is one of the factors that cause crucial yield and quality loss in barley during the years when rainfall is high and these losses can be prevented by using durable cultivars (Sönmez and Yüksel, 2019). Plump grain size and homogeneity are some of the traits desired by the malt industry and are taken into account in determining the barley price (Sönmez et al., 2020).

The amount of precipitation falling in Central Anatolia regions and its distribution by months is quite variable. For this reason, there is a need for varieties that have a limited decrease in grain yield and quality in years when rainfall is low in the region, but that can increase yield and quality as much as possible when favorable conditions are seen. The breeding of new barley varieties that meet the livestock and malt industry's quality criteria with high yield potential will contribute to barley's enhancement production. Turkey 's first modern winter barley cultivar Güzak24 was registered by Emcet Yektay at Transitional Zone Agricultural Research Institute (TZARI) in 1937 (Sönmez et al., 2017). Since then, many barley cultivars were registered in the ongoing breeding studies here (Yüksel et al., 2011). In this study, it is aimed to determine the lines with short vegetation periods, resisted to lodging, plumped grain size, high grain yield, and quality by comparing the advanced barley lines of TZARI with the varieties commonly grown in the region under rainfed conditions.

2. Materials and Methods

2.1. Plant materials, experiment site, and trial management

As the material, advanced barley lines belonging to TZARI were used, and the pedigrees of the lines and the names of the standard varieties are given in *Table 1*.

Table 1. The pedigree of lines and the names of control varieties in the research

Genotype Number	Cultivar-Pedigree	Genotype Number	Cultivar-Pedigree
1	İnce-04	13	Cwb117-5-9-5/ST5819//Kalaycı
2	Ünver	14	Sonata/Cwb117-5-9-5//Cw117-77-9-7
3	Larende	15	Impact/Kalaycı
4	Burakbey	16	Aydanhanım/ST5822
5	Tarm-92	17	Impact/Kalaycı
6	Erginel-90	18	Cum//1246Lignee/78sakız/3/4654perga/4376Union//59TH/4/ Özdemir-05
7	Narcis/Gk Omega	19	ZDM 1454/Zeynelağa
8	Clerine/Pompa	20	Gk Omega/Kalaycı97
9	11th/P15-B27281//ST4652/TOK/3/ YEA389-3/YEA475-4	21	EFES-3/97-98DH4
10	3896 VTGX1- 15XCUM Somut//Zeynelağa	22	ST124/97-98DH4
11	Bolayır/Sonata	23	Ste/Antares//Viringa's/3/Angora/4/Sunrise/Cıho 15865 HO88ID SD Cıho 15865 Azure/5/Aydanhanım/6/Tarm-92
12	YEA389-3/YEA475-4//97-98DH8	24	ST5807/Zeynelağa

Field trials were established at TZARI Eskişehir Central campus (39° 46' 30" N, 30° 23' 44" E, Altitude 800 m) and Hamidiye Campus (39° 33' 24" N, 30° 54' 59" E, Altitude 900 m). The trials were carried out in rainfed conditions during the 2017-2018 crop growing season, and the precipitation and temperature values of the trial sites by months are given in *Table 2* (Anonymous, 2020). Eskişehir Central fields have a higher yield potential with a deep soil profile, clay soil structure, and a lower lime ratio. Hamidiye campus fields have low GY potential with shallow and clay-loam soil structure and high lime ratio. Field trials were established in a randomized complete block design with four replications in the Eskişehir campus and three replications in the Hamidiye. Plots were sowed in six rows sized 7.0 m × 1.2 m with a 20 cm distance between rows using a seeder. Seed sowing was carried on the second week of October at a sowing density of 500 seeds m^{-2}. Fertilization was made according to soil analysis results and before planting, 30 kg ha^{-1} N and 70 kg ha^{-1} P2O5; In the spring, 40 kg ha^{-1} N was applied at the stem elongation period. Herbicide with 2-4 D EHE + Florasulam effective ingredients was used to combat broadleaf weeds. The plots were harvested using a combined harvester as 5 m length on the first week of July.

Table 2. The means of long-term of some climatic data in Eskisehir District and monthly mean values for the trial years

	Precipitation (mm)				Temperature (°C)	
	Eskişehir		Hamidiye		Eskişehir	Hamidiye
Months	**2017-2018**	**MLY***	**2017-2018**	**MLY**	**2017-2018**	**2017-2018**
September	0.5	14.4	2.5	9.6	19.6	19.6
October	48.4	26.1	41.5	23.5	10.7	10.2
November	28.6	29.8	20.0	21.0	5.5	4.9
December	41.8	46.1	28.0	33.1	3.9	3.0
January	28.8	38.2	78.0	34.1	1.6	0.8
February	41.6	32.5	22.5	25.7	5.8	5.1
March	41.1	33.4	39.0	30.6	9.3	9.0
April	9.5	35.2	13.0	31.0	13.8	13.0
May	92.5	43.3	108.5	35.3	16.7	16.2
June	73.8	28.6	35.0	20.6	19.9	19.5
July	59.9	13.5	37.0	6.7	22.2	22.0
Total	466.5	341.1	425.0	271.2	129.9	123.3
Monthly Average	42.4	31.0	38.6	24.7	11.7	11.2

**MLY: Means of many years*

2.2. Data collection and analysis

Grain yield was calculated that obtained crop from the harvested parcels with the plot combine harvester was weighed in grams after cleaning and converted in ton ha-1. Days to heading were determined as the number of days from the beginning of the year following seed sowing until the date when more than half of the plants in the plot completely removed their spike from the flag leaf (Öztürk et al., 2016). Plant height was determined as cm by measuring the distance from the soil level of 10 plants from each plot to the tip of the uppermost spikelet excluding the awn. The lodging score was obtained by multiplying these two values by determining the percentage of plants showing lodging in the plots and the lodging angle (Pask et al., 2012). Thousand-grain weight was calculated by counting four hundred grains from the grains taken from the harvested product and weighing them in precision scales (Williams et al., 1988). Plump grain ratio was determined by using sieve analysis was made in the Sortimat device according to ICC standard 102/1 and 103/1 protocols (Pfeuffer GMB, Kitzingen, Germany). Samples (100 g) were shaken for 3 minutes in the sieve shaker, and the diameter sizes (large> 2.8 mm; medium = 2.8 - 2.5 mm; thin = 2.5 - 2.2 mm; 2.2 mm <under sieve) divided into four different sieve groups and the amount of those divided into groups was determined as a percentage (Özkaya and Özkaya, 2005). While the grains in the large and large-

medium groups were collected to form the plump grain ratio group, the weak and under-sieve grains were not considered. Grain protein content and beta-glucan ratio were determined by Near-Infrared Spectroscopy (NIR 6500, Foss, Hillerød, Denmark) device from whole grain flour. The device for grain protein content was calibrated according to American Association of Cereal Chemists International (AACCI) methods (46-19.01) and (32-23.01), respectively (Anonymous, 2010). Megazyme β-glucan analysis kits and absorbance values were measured at 510 nm in the spectrophotometer (McCleary and Codd, 1991). Statistical analysis was made using the JMP statistical program. Levene test was performed before the locations were analyzed together, and the equality of variances was checked. The significance of the differences between genotypes was determined by conducting the variance analysis "F" test. The least significant difference (LSD) test was used for the comparison of the means (Student, 1908). Correlation analysis was performed according to Pearson's (1920) method using corrected mean values. The mean squares and variance analysis table obtained from the parameters investigated are presented in *Table 3*. The average values of the genotypes were grouped at $p < 0.05$ level according to the LSD test and compared and presented in *Table 4*.

3. Results and Discussion

3.1. Grain yield (GY)

When the results of the experiment were evaluated with analysis of variance, differences between genotypes and genotype x environment interaction were found to be significant at $p<0.01$, while differences between environments were significant at $p<0.05$ (*Table 3*). Average GY was 5.70 tons ha^{-1} in the experiment, while 5.90 t ha^{-1} from the lines; 5.11 t ha^{-1} average GY was obtained from control varieties (*Table 4*).

Table 3. Mean squares values of traits examined in the research and its significance status

Traits		Replications	Environment	Genotypes	Gen x Env.	Error	Total
Grain yield	DF	5	1	23	23	115	167
	MS	0.61	4.90*	1.87**	0.94**	0.46	0.78
Days to heading	DF	5	1	23	23	115	167
	MS	1.99	601.29**	57.04**	3.94**	4.38	10.86
Plant height	DF	5	1	23	23	115	167
	MS	121.46**	218.04	192.98**	37.48	30.31	57.21
Lodging score	DF	5	1	23	23	115	167
	MS	557.98	9800.61**	7592.58**	450.79	440.85	1533.39
Thousand grain weight	DF	3	1	23	23	69	119
	MS	49.11**	10.80	21.36**	4.52	4.70	11.29
Plump grain ratio	DF	3	1	23	23	69	119
	MS	172.44**	1104.01	248.83**	40.42**	15.22	97.84
Grain protein content	DF	3	1	23	23	69	119
	MS	3.55**	3.72	1.88**	0.92**	0.35	0.86
Grain ß-glucan ratio	DF	3	1	23	23	69	119
	MS	0.67**	3.65	0.07	0.11	0.08	0.13

***: Significant at the level p<0.01; *: Significant at the level p<0.05; DF: Degree of freedom; MS: Mean square*

The highest GY of the lines was taken from line13 with 6.67 tons ha^{-1}, followed by line22 with 6.43 t ha^{-1} and line15 with 6.25 t ha^{-1} (*Table 4*). When the environments were examined, 5.88 t ha^{-1} from the Eskişehir location, and higher GY than Hamidiye was obtained (*Table 4*). In the 2017-2018 crop year, from seed sowing to the end of May, the end of the vegetation period, Eskişehir location received more than 11.3% high rainfall from many years, with 332.8 mm rainfall, while Hamidiye location was 353.0 mm and it received 44.7% higher precipitation than its many years (*Table 2*). Thus, an average GY of 5.88 t ha^{-1}, which can be considered high, was obtained for conditions based on rainfall in the Eskişehir. Although the soils are less fertile, much higher than expected GY was obtained from Hamidiye location due to the high rainfall. Similar to this study, Sönmez et al. (2017) reported that 4.90 t ha^{-1} was obtained from Eskişehir location and 4.07 t ha^{-1} was obtained from Hamidiye. In the study conducted by Aktaş (2017), it was declared that under rainfed conditions, the GY was lower than this study, with 3.36 t ha^{-1}. This situation is compatible with the opinion of Kalaycı et al. (1991) that the environmental factors that most affect the GY in barley are the precipitation during the growth period of the plant and the distribution of this precipitation during the year, temperature, and agricultural techniques. In this research, lines 8, 11, 12, 13, 14, 15,

18, and 22 prominent with GY values above 6 t ha. This situation is compatible with the research's aim to determine genotypes that can increase productivity under high yield conditions. One of the reasons why genotype x environment interaction was found significant in the study is that although the lines 7, 9 and 11 are among the genotypes with high yield in the Eskişehir environment, they are among the genotypes with low yield in Hamidiye.

Table 4. The mean values of genotypes and environments examined in the research and the comparison of the means, and the LSD and CV informations

Genotype No	GY (t ha^{-1})		DTH (day)		PH (cm)		LS (%)		TGW (g)		PGR (%)		PC (%)		ßGL(%)
1	5.28	f-i	122.7	b	90.0	d-g	80.6	abc	40.93	fg	84.56	def	12.42	a-d	4.19
2	4.56	i	121.3	d-g	81.6	d-g	67.4	c-f	43.90	b-g	82.15	efg	12.26	a-f	4.09
3	5.52	d-g	122.5	bc	85.2	d-g	76.0	bcd	45.79	a-d	77.90	G	12.06	a-g	4.22
4	5.55	c-g	121.3	d-g	102.5	a	86.3	abc	44.29	a-f	91.47	Abc	11.42	f-i	4.05
5	4.63	hi	121.8	b-e	94.1	c-f	100.0	a	42.50	d-g	78.96	Fg	12.75	a	4.09
6	5.11	ghi	120.3	ghi	100.3	ab	70.6	b-e	35.66	h	52.01	H	11.50	d-h	4.02
7	5.80	b-g	118.8	jk	94.8	bcd	21.7	ij	46.80	ab	92.15	Ab	11.55	d-h	3.95
8	6.22	a-d	114.1	o	90.9	d-h	14.7	j	42.11	efg	94.30	A	10.56	ijk	3.98
9	5.54	c-g	113.2	o	99.2	abc	0.0	j	44.83	a-e	93.69	A	11.78	c-h	4.24
10	5.64	c-g	124.0	a	93.5	c-f	38.8	hi	42.24	efg	86.56	b-e	12.73	ab	3.98
11	6.04	a-e	118.1	kl	88.6	d-g	4.3	j	44.84	a-e	93.61	A	11.45	e-i	4.12
12	6.22	a-d	121.5	c-f	92.0	d-g	82.3	abc	46.59	ab	85.78	Cde	10.05	k	4.18
13	6.67	a	119.1	jk	83.1	d-g	1.9	j	41.61	efg	91.36	Abc	10.31	jk	3.86
14	6.05	a-e	120.7	fgh	91.4	d-g	9.0	j	44.98	a-e	85.35	Cde	10.97	h-k	3.67
15	6.25	abc	116.9	m	95.4	bcd	45.9	fgh	46.24	ab	92.23	Ab	12.18	a-f	4.07
16	5.35	e-h	119.6	ij	92.2	d-g	54.4	d-h	47.36	a	90.57	a-d	12.38	a-e	4.17
17	5.28	f-i	120.2	hi	94.4	cde	63.9	c-g	40.69	g	88.22	a-e	12.03	a-g	4.01
18	6.16	a-d	117.4	lm	101.4	a	1.5	j	46.13	abc	94.05	A	10.93	h-k	4.25
19	5.87	b-f	115.8	n	94.8	bcd	6.4	j	44.00	a-g	92.20	Ab	12.41	a-d	4.33
20	5.63	c-g	122.3	bcd	87.5	d-g	52.2	e-h	46.33	ab	86.77	b-e	12.16	a-g	4.16
21	5.93	b-f	121.8	b-e	92.1	d-g	43.5	ghi	43.69	b-g	84.78	Def	11.07	hij	3.89
22	6.43	ab	117.3	lm	88.3	d-g	3.8	j	42.74	c-g	92.19	Ab	11.81	b-h	4.08
23	5.41	efg	121.1	e-h	92.2	d-g	90.2	ab	44.68	a-e	89.89	a-d	12.68	abc	4.18
24	5.77	b-g	115.4	n	95.1	bcd	41.4	hi	44.81	a-e	91.16	abc	11.25	ghi	4.14
Means of Trial	5.70		119.5		92.5		44.0		43.90		87.16		11.70		4.08
Means of Lines	5.90		118.7		92.6		32.0		44.48		90.27		11.57		4.07
M. C. Varieties	5.11		121.7		92.3		80.2		42.18		77.84		12.07		4.11
LSD (0.05)	0.72		1.06		5.89		22.46		3.41		6.15		0.93		0.45
CV (%)	11.80		0.83		5.94		46.53		4.96		4.60		5.01		6.74
Means of Locations															
Eskisehir	5.88	A	117.6	B	93.7		51.7	A	43.53		83.4		11.92		4.30
Hamidiye	5.53	B	121.4	A	91.4		36.3	B	44.28		91.0		11.48		3.86

GY: Grain yield; DTH: Days to heading; PH: Plant height; LS: Lodging score; TGW: Thousand-grain weight; PGR: Plump grain ratio; PC: Protein content; ßGL: ß-glucan; M. C. Varieties: Means of control varieties; LSD: Least significant difference; CV: Coefficient of variation

3.2. Days to heading (DTH)

Days to heading is vital in terms of giving an idea about the maturation period of a variety. In the variance analysis performed by combining locations, differences between locations, genotypes, and genotype x environment interaction were significant at $p<0.01$ (*Table 3*). While the average of the experiments was 119.5 days, the mean of the lines was 118.7 days; the control varieties average was 121.7 days. While the trial average was 117.5 days in Eskişehir, this value was 121.4 days in Hamidiye. The shortest DTH was on line9 with 113.2

days, while the longest DTH was on line10 with 124.0 days (Table 4). Early maturing in barley is an essential feature in terms of drought and disease avoidance and post-harvest second crop forage production (Öztürk et al., 2014). According to Aydın and Katkat (1999), while resistance to drought increases with earliness, the yield potential of the variety also decreases. It is thought that the average of 119.5 days obtained in this study was due to the drought in April caused stress on the plant and shortened the DTH period (*Table 1*). In a study conducted by Sönmez and Yüksel (2019) in Eskişehir, the average DTH was 136.6 days, while Kara et al. (2019) was found 133.4 days in another study in Konya. The reason for the statistical difference about DTH between the related locations is that the Hamidiye site has an altitude higher than the Eskişehir site and the average temperature values are lower than the Eskişehir. A study was reported that the DTH is shortened under stress conditions (Al-Menai et al., 2013). Among the lines examined in this study, 8, 11, 13 15, 18, and 22 lines were found to stand out in terms of both high yield and earliness. This situation is compatible with the objectives of the study in terms of earliness.

3.3. Plant height (PH)

Taller plants have more storage assimilation potential than shorter plants and are drought tolerant. However, tallness enhances the risk of lodging and, therefore, affects flowering negatively and reduces the plant's photosynthetic capabilities (Gholipoor et al., 2013). In the analysis of variance, only the differences between genotypes were found statistically significant $p < 0.01$ (*Table 3*). While the trial average for PH is 92.5 cm, the averages of lines, control varieties, and locations are also around this value (*Table 4*). When the lines were evaluated, the lowest PH was measured 83.1 cm on line13, while the highest PH was measured 101.4 cm in line18 (*Table 4*). Short cultivars have been improved by cereal breeders to reduce lodging and increase grain yield (Yu et al., 2010). However, as barley straw is a valuable product that generates additional income demanded by the livestock sector, PH should be considered in plant breeding. In this study, it is seen that line18 is the closest line to our breeding objectives with 101.4 cm PH. In another study conducted by Sönmez and Yüksel (2019) in Eskişehir, the average PH was found to be 84.2 cm in dry conditions as compatible with this research. Öztürk et al. (2016) reported that PH is a significant element in terms of resistance to the lodging of barley and that short or medium-height varieties with a PH of 85-95 cm are preferred. According to Kandemir (2004), it can be said that if PH is higher than 100 cm in barley, lodging is seen. Yüksel et al. (2017) also found between 92.5 cm and 129.5 cm PH in barley in their study in Eskişehir. Doğan et al. (2014) reported that, although the effect of inheritance is very high in PH, the environmental effect is also important.

3.4. Lodging score (LS)

Lodging in cereal is more common in barley plants than wheat and is one of the main factors causing yield losses in many countries (Cenci, 1984). In the variance analysis, the differences between genotypes and environments were found to be significant at the $p<0.01$ level (*Table 3*). While the means of experiments was 44.0%, the means of lines were 32.0%; the means of control varieties were 80.2% (*Table 4*). In the study, the lowest LS value was line9 with 0.0%, while the line that reached the highest value was line5 with 100% (Table 4). Although the plant height of the lines used in the trial was almost the same as the control varieties, LS values are lower than control varieties (*Table 4*). The results in this research indicate that LS value is taken into account at TZARI barley breeding program selection. Alkan and Kandemir (2015) reported that they found LS at a high rate of 68-90% and resistance to lodging is low for local barley varieties. In a study conducted by Saygılı et al. (2019), LS was ranged from 0.0-33.3% in the first year and between 55.0% and 77.7% in the second year. Especially the lines 8, 11, 13, 14, 18 and 22 stand out with low LS values together with high GY. The LS average of the Eskişehir location was 51.7%, and the LS average of 36.3% was higher than the Hamidiye location (*Table 4*). When the environments are evaluated, it is thought that higher LS observed in the Eskişehir environment, which has higher yield potential, compared to the Hamidiye environment, is compatible with the expectations (*Table 4*). It is known that many factors affect LS like wind, falling rain amount, soil characteristics, variety-based plant characteristics, sowing time, sowing frequency, fertilization, and plant growth regulator applications, etc. (Berry et al., 2002). LS is related to plant height, stem thickness and spike weight and generally occurs after heading. According to Akar et al. (1999), a significant yield loss is observed in barley plants due to lodging down in the years when the annual average amount of precipitation exceeds 400 mm in Central Anatolia and Transitional Zones. Lodging down not only reduces barley yield and grain quality but also indirectly reduces malt quality (Day and Dickson, 1958). PH is a vegetative feature that most affects the LS in barley (Anderson and Reinbergs, 1985).

3.5. Thousand-grain weight (TGW)

TGW is one of the important quality factors in terms of giving an idea about the size, plumpness, thinness of the grain as well as grain yield (Öztürk et al., 2007). In the analysis of both environments together, only the differences between genotypes were found to be statistically significant at the $p<0.01$ level (*Table 3*). While the trial average was 43.90 g, the average of the lines was 44.48 g; the control varieties average was found to be 42.18 g (*Table 4*). When the lines were evaluated, the highest TGW was obtained from line16 with 47.36 g, while the lowest TGW was obtained from line17 with 40.69 g (*Table 4*). In this study, all genotypes except Erginel-90, which is a six-row control variety, were above the 40 g TGW limit, one of the malting quality criteria. The average TGW value found in this study was consistent with the values found by Sönmez and Yüksel (2019). The TGW results obtained in this study were found to be consistent with some studies (Sirat and Sezer, 2009; Aydoğan et al., 2011; İmamoğlu et al., 2016). Koca et al. (2015) was found higher TGW values than this study with 49.6 g. These results show that TGW of barley genotypes occurs under the influence of genotype and environment. TGW controlled by many genes is a feature that varies according to the variety and ecological conditions of the year. Atlı et al. (1989) stated that TGW should be higher than 40 g for malting barley.

3.6. Plump grain ratio (PGR)

It has been reported that sieve analyzes in barley provide information about the plumpness of the grain as well as the homogeneity of the grain (Kendal et al. 2010). In the combined variance analysis, differences between genotypes and genotype x environment interaction were significant at the $p<0.01$ level (*Table 3*). Trial averages for PGR were obtained as 87.16%. The means of the lines were found to be higher than the means of control varieties (*Table 4*). When the lines were evaluated, the highest PGR was obtained from line8 with 94.30%, while the lowest PGR was obtained from line21 with 84.78% (*Table 4*). The lowest PGR value of the trials with, 52.01%, was obtained from Erginel-90, which is six-row control variety. If the sum of over two sieves (2.2 to 2.5 or 2.5 to 2.8) is more than 75%, this sample is considered to be homogeneous in terms of size (Elgün and Certel, 1987). The homogeneity of the grain is important in obtaining homogeneous color in the process of germination and roasting-drying simultaneously in malt production (Sirat, 2014). Except for genotype6, the PGR value of all the material is above 75% and sufficient for malting criteria. It was reported by Sönmez et al. (2020) that PGR in dry conditions in Eskişehir was lower (75.5%) than this study. In a study conducted in Konya in dry conditions, PGR was found to be lower (62.5%) than in this study (Aydoğan et al., 2017). In another study by Sirat and Sezer (2017), consistent with this study, they were found the PGR between 85.3% and 92.0%. According to Engin (1989), the correlation between grain size and malt extract ratio is positive and important.

3.7. Protein content (PC)

It is one of the essential quality criteria that determine the evaluation of the barley grain as malting. In the combined variance analysis, the differences between genotypes and genotype x environment interaction were significant at the $p<0.01$ level (*Table 3*). The means of the trial was 11.70%. The means of the lines were lower than the means of the control varieties (*Table 4*). When the lines were evaluated, the highest PC was obtained from line10 with 12.73%, while the lowest PC was obtained from line12 with 10.05% (*Table 4*). In the experiment, the highest PC value of the experiment, with 12.75%, was obtained from Tarm-92, which is the genotype5 among the standards. It was reported that PC was found lower than this study with 10.9% by Öztürk et al. (2016). Aydoğan et al. (2011) reported that they found the average PC as 11.8% in the first year and 11.3% in the second year, compatible with this study. Again, in many studies conducted under rainfed conditions, it was reported that the average PC was determined higher than this study with 12.4% (Doğan et al., 2014; Aydoğan et al., 2016; Sönmez et al., 2020). Many researchers have reported that the amount of PC in the grain may vary according to genotype, environment, and agricultural applications (Fox, 2003; Doğan et al., 2014; Öztürk et al., 2016; Kızılgeçi et al., 2019). PC in malting barley is expected to be between 9 - 11.5% (Elgün and Certel, 1987). In this study, lines 8, 11, 12, 13, 14 and, 18 were found to be suitable for malting in terms of PC.

3.8. Beta-glucan (βGL)

β-glucan is a high-molecular non-starch polysaccharide, and it is located in the sub-aleurone layer and cell walls of the endosperm in barley between 3-11% (Wood, 2007). The health benefits of barley ß-glucans include

reduction of blood cholesterol and glucose and decrease of weight by increased satiety, and hence, control of type-2 diabetes and heart diseases (Baik and Ulrich, 2008). According to the results of combined variance analysis, the differences between genotypes and environments and genotype x environment interaction are not significant (*Table 3*). While the means of the trial was 4.08%, the means of the lines and the control varieties were also found close to this value (*Table 4*). When the lines were evaluated, the values of ßGL between 3.67% and 4.33% were obtained (*Table 4*). In parallel with these results, the differences between genotypes for ßGL were found to be insignificant in the study conducted by Kon (2019), and the average ßGL was found to be 4.03% in the first year and 3.77 in the second year. It was reported that the ßGL is formed under the influence of genotype, mostly environmental conditions (Fox et al., 2003; Kon, 2019).

3.9. Correlations between traits (GY)

When the correlations between properties were examined, it was found that there was a negative relationship significant between GY and DTH, LS, and PC, while a positive relationship with PGR trait was found significant. As compatible with this study, some other studies were reported that the negative relationship between GY and DTH is meaningful (Öztürk et al., 2014; Öztürk et al., 2016). Again, it was reported by some researchers that there was a negative correlation between GY and PC, in compatible with this study (Kızılgeçi et al., 2016; Kızılgeçi et al., 2019). While the negative correlation of PGR with DTH and LS was found to be significant ($p < 0.05$), the relationship, with TGW was found to be positively significant ($p < 0.01$). Also, the relationship between DTH and LS was found to be positively significant ($p < 0.01$) (*Table 5*).

Table 5. Correlation coefficients and significance status of the traits which was examined in this research

	GY	DTH	PH	LS	TGW	PGR	PC	GßL
GY	1							
DTH	-0.405*	1						
PH	-0.046	-0.272	1					
LS	-0.667**	0.657**	0.022	1				
TGW	0.246	-0.111	-0.079	-0.137	1			
PGR	0.502*	-0.446*	-0.051	-0.482*	0.626**	1		
PC	-0.644**	0.282	-0.020	0.372	-0.032	-0.113	1	
GßL	-0.221	-0.204	0.151	0.177	0.251	0.118	0.369	1

GY: Grain yield; DTH: Days to heading; PH: Plant height; LS: Lodging score; TGW: Thousand grain weight; PGR: Plump grain ratio; PC: Protein content; ßGL: ß-glucan

4. Conclusions

As a result of this research, the candidate lines were evaluated in terms of GY, DTH, PH, LS, TGW, PGR, PC, and ßGL parameters. All the parameters were considered together and it was determined that lines 8, 11, 13, 14, 18, and 22 had characteristics compatible with the breeding targets. It is suggested that some of these lines can be offered to the Directorate of Seed Registration and Certification Center as a variety candidate or can be used as a parent in the barley hybrid program.

Acknowledgment

This work supported by The Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policy, Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskişehir, Turkey.

References

Akar, T., Avcı, M., Düşünceli, F., Tosun, H., Ozan, N., Sipahi, H. (1999). Orta Anadolu ve geçit bölgelerinde arpa tarımının sorunları ve çözüm yolları. *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu,* 8-11 Haziran, Konya, Turkey.

Aktaş, H. (2017). Türkiye'de yoğun ekim alanına sahip bazı arpa *(Hordeum vulgare L.)* çeşitlerinin destek sulamalı ve yağışa dayalı koşullarda değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2017: 14 (03) p 86-97*

Alkan, F., Kandemir, N. (2015). Tokak yerel arpa çeşidi içinden seçilen safhatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *24*(2), 124-139.

Al-Menaie, H. S., Mahgoub, H. S., Al-Ragam, O., Al-Dosery, N., Mathew, M., Suresh, N. (2013). Performance and Yield Components of Forage Barley Grown Under Harsh Environmental Conditions of Kuwait. In *Advance in Barley Sciences* (pp. 367-374). Springer, Dordrecht.

Anderson, M. K., Reinbergs, E. (1985). Barley breeding. *Barley*, *26*, 231-268. *Published in Barley, Agronomy* Monograph No. 26, © ASA-CSSA-SSSA, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA.

Anonymous, (2010). AACC Approved Methods (10th ed.). American Association of Cereal Chemists International (AACC), St. Paul, MN.

Anonymous, (2020). Climate records. *Transitional Zone Agricultural Research Institute*. Eskişehir, Turkey

Anonymous, (2021a). TUIK istatistikleri. www.tuik.gov.tr (Accessed date: 03.01.2021)

Anonymous, (2021b). World Agricultural Production. *Circular Series WAP* 12-20 December 2020. https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf (Accessed date: 03.01.2021)

Atlı, A., Koçak, N., Köksel, H., Tuncer, T. (1989). Yemlik ve Maltlık arpada kalite kriterleri ve arpa ıslah programlarında kalite değerlendirmesi. *Arpa-Malt Seminerleri*, Konya 23-27.

Aydın, M., Katkat, A. V. (1999). Water Consumption and Growth of Some Barley Genotypes Under Eskişehir Conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (EK4):797-802.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Ayrancı, R. (2011). Konya koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, *25*(1), 10-16.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Kara, İ. (2016). Yemlik Arpa Genotiplerinin Kalite Özellikleri Açısından Islah Programı Kapsamında Değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, *5*(2), 68-76.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Kara, İ. (2017). Arpa genotiplerinin farklı lokasyonlardaki kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 8-13.

Baik, B. K., Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of cereal science*, 48(2), 233-242.

Berry, P. M., Spink, J. H., Sylvester-Bradley, R., Pickett, A., Sterling, M., Baker, C., Cameron, N. (2002). Lodging control through variety choice and management. In *Proceedings of the 8th Home-Grown Cereals Association R & D Conference on Cereals and Oilseeds, pages* (pp. 7-1).

Cenci, C. A., Grando, S., Ceccarelli, S. (1984). Culm anatomy in barley (*Hordeum vulgare*). *Canadian journal of botany*, *62*(10), 2023-2027.

Day, A. D., Dickson, A. D. (1958). Effect of Artificial Lodging on Grain and Malt Quality of Fall-sown Irrigated Barley 1. *Agronomy Journal*, *50*(6), 338-340.

Doğan, Y., Kendal, E., Karahan, T., Çiftçi, V. (2014). Diyarbakır koşullarında bazı arpa genotiplerinde verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *2014*(2), 31-40.

Elgün, A., Certel, M. (1987). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü, 100-104, Erzurum.

Engin, A. (1989). Biralık arpalarda önemli kalite özellikleri ve bunların malt kalitesi üzerine etkileri. Arpa-Malt Semineri, 30 Mayıs – 1 Haziran, s 38-41, Konya

Fox, G. P., Panozzo, J. F., Li, C. D., Lance, R. C. M., Inkerman, P. A., Henry, R. J. (2003). Molecular basis of barley quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, *54*(12), 1081-1101.

Gholipoor, M., Rohani, A., Torani, S. (2013). Optimization of traits to increasing barley grain yield using an artificial neural network. *International Journal of Plant Production (2013) 7(1): 1-18*

Harwood, W. A. (2019). An introduction to barley: the crop and the model. In *Barley* (pp. 1-5). Humana Press, New York, NY.

İmamoğlu, A., Pelit, S., Sarı, N., Büyükkileci, C., Yıldız, Ö. (2016). Ege Bölgesi Sahil Kuşağına Uyumlu Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi,* 25 (özel sayı-1): 141-145.

Kalaycı, M., Siirt, S., Aydın, M., Özbek, K. (1991). Yıllık Çalışma Raporu. *Transitional Zone Agricultural Research Institute,* Eskişehir.

Kandemir, N. (2004). Tokat-Kazova şartlarına uygun maltlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2004(2).

Kara, İ., Türköz, M., Yakışır, E., Özer, E., Yaşar, M., .Cerit, Ş. İ. (2019). Konya İli Kuru Şartlarında Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Tarımsal Özelliklerinin Araştırılması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, *8*(1), 21-25.

Kendal, E., Kılıç, H., Tekdal, S., Altıkat, A. (2010). Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Adıyaman kuru koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *14*(2), 49-58.

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Albayrak, Ö., Akıncı, C. (2016). Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *6*(3), 161-169.

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Akıncı, C., Albayrak, Ö. (2019). Arpada tane verimi ve kalite özellikleri üzerine genotip ve çevrenin etkileşimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *22*(3), 346-353.

Koca, Y. O., Erekul, O., Sabancı, S., Zeybek, A., Yiğit, A. (2015). Akdeniz kuşağında yetiştirilen arpa *(Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim unsurları ve tane kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 12(1), 9-15.

Kon, H. İ. F. (2019). *Orta Anadolu koşullarında, bazı arpa çeşitlerinin verim, kalite ve azot kullanım randımanlarının azotlu gübreleme miktarlarına göre belirlenmesi.* (Ph. D. Thesis) Ankara Üniversity. The Institute of Natural Sciences, Department of Field Crops, Ankara, Turkey

Köten, M., Ünsal, S., Atlı, A. (2013). Arpanın insan gıdası olarak değerlendirilmesi. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *1*, 51-55.

McCleary, B. V., Codd, R. (1991). Measurement of (1→ 3),(1→ 4)-β-D-glucan in barley and oats: A streamlined enzymic procedure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *55*(2), 303-312.

Özkan, U. (2020). Türkiye Yem Bitkileri Tarımına Karşılaştırmalı Genel Bakış ve Değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, *1*(1), 29-43.

Özkaya, H., Özkaya, B. (2005). Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. A.Ü. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Bölümü, *Gıda Teknolojisi Yayınları* N0:30, Ankara.

Öztürk, İ., Avcı, R., Kahraman, T. (2007). Trakya Bölgesinde yetiştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *UÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *21*(1), 59-68.

Öztürk, İ., Avcı, R., Kaya, R., Vulchev, D., Popova, T., Valcheva, D., & Dimova, D. (2014). Bazı arpa *(Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin Edirne koşullarında verim ve bazı tarımsal özelliklerinin incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *23*(2), 41-48.

Öztürk, İ., Avcı, R., Tülek, A., Kahraman, T., Tuna, B. (2016). Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L) Genotiplerinin Trakya Bölgesinde Verim ve Agronomik Özelliklerinin Araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi,* 25(1).

Pask, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M., Reynolds, M.P. (2012). Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Chapter 18. p-100, Cimmyt.

Pearson, K. (1920). Notes on the history of correlation. *Biometrika*, 13.1: 25-45.

Saygılı, İ., Demir, A., Kandemir, N. (2019). Tokat-Kazova Şartlarının Maltlık Arpa Üretimi Potansiyeli. *Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi,* 01-04 Kasım 2019, Antalya, Turkey

Sirat, A., Sezer, İ. (2009). Bafra ovası koşullarına uygun arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin belirlenmesi.. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, *24*(3), 167-173.

Sirat, A. (2014). Orta Karadeniz Bölgesi koşullarına uygun maltlık ve yemlik arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2014 11(1) p 9-17*

Sirat, A., Sezer, İ. (2017). Bafra ovasında yetiştirilen bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* conv. distichon) çesitlerinin verim, verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi,* 14(1), p 77-87.

Smith, B. D., Nesbitt, M. (1995). The emergence of agriculture (p. 231). New York: *Scient. American Library. Nature*, 1995, 375.6529: 289-289.

Sönmez A. C., Yüksel, S., Belen, S., Çakmak, M., Akın, A. (2017). Kuru koşullarda Orta Anadolu ve geçit bölgeleri için geliştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hat ve çeşitlerinin tane verim ve bazı kalite unsurlarının incelenmesi. KSU Doğa *Bilimleri Dergisi*, 20, 258.

Sönmez, A. C., Yüksel, S. (2019). İleri Kademe Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Eskişehir Koşullarında Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *22*, 61-69.

Sönmez, A. C., Olgun, M., Yüksel, S., Belen, S., Yıldırım, Y.,,Önder, O. (2020). Determining of Grain Yield and Some Malting Quality Characteristics of Advanced Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes in Eskişehir Conditions. *Black Sea Journal of Agriculture*, 15-16.

Student, (1908). The Probable Error of a Mean. *Biometrica.* Volume 6, Issue 1, 1-25

Yu, G. T., Horsley, R. D., Zhang, B., Franckowiak, J. D. (2010). A new semi-dwarfing gene identified by molecular mapping of quantitative trait loci in barley. *Theoretical and applied genetics*, *120*(4), 853-861.

Yüksel, S., İkincikarakaya, S. Ü., Bolat, N., Çakmak, M., Karaduman, Y. (2011). Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Tarafından 2004-2007 Yılları Arasında Tescil Ettirilen Arpa Çeşitlerinin Bazı Tarımsal Özellikleri. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı* 27-30 Nisan, 2011 Eskişehir, Turkey

Yüksel, S., İkincikarakaya, S. Ü., Sönmez, A. C., Belen, S., Yıldırım, Y. (2017). Eskişehir Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Bir Araştırma. *Tarim ve Doga Dergisi*, *20*, 252.

Williams, P., El-Haramein, F. J., Hani, N., & Safouh, R. (1988). Crop quality evaluation methods and guidelines. (14, Ed. 2.). ICARDA. 142 p. Aleppo, Syria

Wood, P. J. (2007). Cereal β-glucans in diet and health. *Journal of cereal science*, *46*(3), 230-238.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 26/01/21
Kabul/Accepted: 29/03/21
DOI: 10.33462/jotaf.868477

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Development of Quality Characteristics of Pasta Enriched with Lupin (*Lupinus albus* L.) Flour and Resistant Starch Type 4

Lüpen (*Lupinus albus* L.) Unu ve Tip 4 Dirençli Nişasta ile Zenginleştirilmiş Makarnanın Kalite Özelliklerinin Geliştirilmesi

Elif YAVER[1*], Nermin BİLGİÇLİ[2]

Abstract

Lupin (*Lupinus albus* L.) is a leguminous seed with a good source of protein, dietary fiber, fat, and is an alternative to soybean. Resistant starch, a prebiotic dietary fiber, cannot be digested in the small intestine; can help prevent diabetes, some cancer types, obesity, intestinal diseases and cardiovascular diseases. In this study, 15% lupin flour (debittered by traditional method and ultrasound application) and 10% resistant starch type 4 (RS4) were used in pasta production to improve its nutritional quality. The effects of vital gluten and/or transglutaminase on color, cooking quality, thermal and sensory properties of pasta containing lupin flour and RS4 were investigated. Ultrasound application had no adverse impact on the color L^*, a^*, b^*, water uptake, cooking loss, thermal and sensory (color, taste, odor, appearance, stickiness and overall acceptability) properties of pasta samples compared to traditional lupin debittering method. Compared to 100% semolina pasta, addition of lupin flour and RS4 revealed a higher b^* value, cooking loss and gelatinization onset temperature, and lower volume increase, firmness and gelatinization enthalpy values in pasta. The use of additives (vital gluten, transglutaminase and vital gluten + transglutaminase) improved the volume increase, cooking loss and firmness values of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4. The lowest cooking loss values were obtained in 100% semolina pasta (4.62%) as well as pasta samples supplemented with vital gluten (4.82%) and vital gluten + transglutaminase (4.90%). The color, taste and odor scores of 15% lupin flour + 10% RS4 pasta samples prepared with additives were close to each other. The addition of vital gluten and vital gluten + transglutaminase presented similar overall acceptability scores to 100% semolina pasta ($P>0.05$).

Keywords: Lupin, Resistant starch type 4, Vital gluten, Transglutaminase, Pasta

[1*] Elif Yaver, Department of Food Engineering, Engineering and Architecture Faculty, Necmettin Erbakan University, Köycegiz Campus, 42050, Konya, Turkey. E-mail: elifyaver@hotmail.com OrcID: 0000-0002-2651-9922
[2] **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Nermin Bilgiçli, Department of Food Engineering, Engineering and Architecture Faculty, Necmettin Erbakan University, Köycegiz Campus, 42050, Konya, Turkey. E-mail: nerminbil2003@hotmail.com OrcID: 0000-0001-5490-9824
Atıf/Citation: Yaver E, Bilgiçli N. Development of Quality Characteristics of Pasta Enriched with Lupin (*Lupinus albus* L.) Flour and Resistant Starch Type 4. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 557-568.

*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.
©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Bir baklagil tanesi olan lüpen (*Lupinus albus* L.), iyi bir protein, diyet lifi, yağ kaynağı olmasıyla birlikte soya fasulyesi için bir alternatiftir. Prebiyotik bir diyet lifi olan dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilemez; diyabet, bazı kanser çeşitleri, obezite, bağırsak hastalıkları ve kardiyo vasküler hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilir. Bu çalışmada; besinsel özelliklerini geliştirmek için, makarna üretiminde %15 oranında lüpen unu (geleneksel yöntem ve ultrason uygulaması ile acılığı giderilmiş) ve %10 oranında tip 4 dirençli nişasta (DN4) kullanılmıştır. Vital gluten ve/veya transglutaminazın, lüpen unu ve DN4 içeren makarnanın renk, pişme kalitesi, termal ve duyusal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ultrason uygulaması, geleneksel lüpen acılık giderme yöntemine göre makarna örneklerinin renk *L**, *a**, *b**, ağırlık artışı, pişme kaybı, termal ve duyusal (renk, tat, koku, görünüş, yapışkanlık ve genel beğeni) özellikleri üzerinde olumsuz bir etki göstermemiştir. %100 irmik makarnası ile karşılaştırıldığında, lüpen unu ve DN4 ilavesi makarnada daha yüksek *b** değeri, pişme kaybı ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı ile daha düşük hacim artışı, sıkılık ve jelatinizasyon entalpisi değerleri ortaya koymuştur. Makarna formülasyonunda katkı maddelerinin (vital gluten, transglutaminaz ve vital gluten + transglutaminaz) kullanımı, %15 lüpen unu + %10 DN4 içeren makarnanın hacim artışı, pişme kaybı ve sıkılık değerlerini iyileştirmiştir. En düşük pişme kaybı değerleri %100 irmik makarnası (%4.62) ile vital gluten (%4.82) ve vital gluten + transglutaminaz (%4.90) ile katkılanmış makarna örneklerinde elde edilmiştir. Katkı maddeleri kullanılarak üretilen %15 lüpen unu + %10 DN4 makarna örneklerinin renk, tat ve koku puanları birbirine yakın bulunmuştur. Vital gluten ve vital gluten + transglutaminaz ilavesi, %100 irmik makarnasına benzer genel beğeni puanları sağlamıştır ($P>0.05$).

Anahtar Kelimeler: Lüpen, Tip 4 dirençli nişasta, Vital gluten, Transglutaminaz, Makarna

1. Introduction

Protein-energy malnutrition, which causes morphological changes in the brains of children and child mortality, is an important problem in most developing countries. Legumes are important foods to improve the nutritional quality of cereal-based products as a high protein and energy source in these countries (Temba et al., 2016). Lupin (*Lupinus albus* L.) is an ancient leguminous crop that is rich in protein, dietary fiber, fat, vitamins, minerals and phytochemicals (Uzun et al., 2007). Furthermore, the amount of antinutritional compounds such as lectins, trypsin inhibitors and haemagglutinins in lupin is lower than other legumes (Enneking and Wink, 2000). Consumption of lupin may provide many health benefits that are associated with obesity, diabetes, cholesterol and cardiovascular diseases (Prusinski, 2017).

Resistant starch (RS), known as a dietary fiber, cannot be digested in the small intestine within 120 min after consumption, but fermented by the large intestine microflora (Englyst et al., 1992). RS, like as a soluble fiber, has potential benefits on health by reducing serum cholesterol and triglycerides, increasing short-chain fatty acids and the crypt cell production level in the colon (Haralampu, 2000; Uran et al., 2021). Also, RS has a positive impact on color, functional and organoleptic properties of food products without markedly changing texture compared to traditional dietary fiber sources (Sajilata et al., 2006).

The weakening of gluten matrix in cereal-based products such as pasta due to addition of lupin flour and RS causes a reduction in the technological quality (Velioğlu et al., 2017). So, many additives such as vital gluten and transglutaminase can be used to improve cooking quality, textural and sensory properties of pasta enriched with lupin flour and RS. Gluten content/composition is more important than protein content in terms of pasta quality (Dexter and Matsuo, 1978). The use of vital wheat gluten in pasta enriched with non-wheat flours helps to develop of a strong gluten network, increases firmness and decreases cooking loss and stickiness in pasta (Wood, 2009). Transglutaminase catalyzes an acyl-transfer reaction in covalent bonds between proteins, resulting covalent cross-links between protein chains (Kuraishi et al., 2001). It was reported that addition of transglutaminase provided a strong protein network (Kim et al., 2014), decreased cooking loss and improved textural properties in pasta (Sissons et al., 2010).

To the best of our knowledge, this is the first study to determine the effect of vital gluten and transglutaminase on quality properties of ultrasound-treated lupin flour and RS enriched pasta. The aims of this study were to improve the nutritional quality of pasta with 15% debittered lupin flours + 10% resistant starch type 4 (RS4) and to investigate the effect of different additives (vital gluten, transglutaminase and vital gluten+transglutaminase) on the color, cooking quality, firmness, thermal and sensory properties of pasta containing lupin flour and RS4.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Durum wheat (*Triticum durum* L.) semolina (11.89% protein, 0.95% ash and 4.15% total dietary fiber) was supplied from Selva (Konya, Turkey). RS4 (phosphorylated cross-linked wheat starch, 91.03% RS and 93.12% total dietary fiber) was obtained from a commercial manufacturer in Konya (Turkey). Vital wheat gluten was supplied from Vatan Enzyme (İstanbul, Turkey), and microbial transglutaminase (activity 100 U g^{-1}) was procured from SternEnzym (Ahrensburg, Germany).

Debittered lupin flours [lupin flour debittered by traditional method (LFTM - 39.29% protein and 45.19% total dietary fiber) and lupin flour debittered by ultrasound application (LFUA - 40.21% protein and 44.32% total dietary fiber)] used in this study were obtained as described in the previous study of the authors (Yaver, 2021). Two different debittering processes including traditional method and ultrasound application were applied to bitter lupin seeds (*L. albus* L.). The bitter seeds were boiled in water (1:3, w/v) for 75 min. In traditional method, the seeds were soaked in water (1:10, w/v) for 144 h after boiling. In developed method with ultrasound, the boiled seeds were soaked in 25 °C water (1:10, w/v) for 60 h, and were sonicated for 25 min every 4 h during soaking. After debittering, the seeds (total alkaloid content < 0.02 g 100 g^{-1}) were dried in a hot-air oven (Nüve KD-200, Ankara, Turkey) at 50 °C and then were ground into whole flour (< 500 µm). After that, the flour samples were stabilized by dry roasting method at 160 °C for 30 min.

2.2. Methods

2.2.1. Pasta production

Pasta samples were produced using a pilot-scale pasta extruder (La Monferrina Dolly, Moncalieri, Italy) according to the method described by Brennan and Tudorica (2007). For preparation of pasta containing 100% semolina, semolina and distilled water (100:30, semolina:water, w/v) were mixed for 5 min. The mixture was extruded in the shape of penne rigate. The samples were dried in a pilot-scale drier (La Monferrina EC50, Moncalieri, Italy) at low temperature (maximum 58 °C) for 10 h 44 min.

The experimental design of pasta samples is demonstrated in *Table 1*. In additive-free enriched pasta samples, semolina was replaced with 15% LFTM/LFUA + 10% RS4. To produce pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 + additives, vital gluten (at the amount of the diluted gluten), transglutaminase (0.5%) or vital gluten+transglutaminase combination were supplemented into pasta formulations. The same pasta production procedure applied for 100% semolina pasta was also employed for these samples.

Table 1. Experimental design for pasta production

Lupin flour type	Additives
LFTM	100% semolina 15% LFTM + 10% RS4 15% LFTM + 10% RS4 + VG 15% LFTM + 10% RS4 + TG 15% LFTM + 10% RS4 + VG + TG
LFUA	100% semolina 15% LFUA + 10% RS4 15% LFUA + 10% RS4 + VG 15% LFUA + 10% RS4 + TG 15% LFUA + 10% RS4 + VG + TG

LFTM: Lupin flour debittered by traditional method; LFUA: Lupin flour debittered by ultrasound application; RS4: Resistant starch type 4; VG: Vital gluten; TG: Transglutaminase.

2.2.2. Color

The color *L** (lightness; 0 = black, 100 = white), *a** (redness/greenness; + = red, - = green) and *b** (yellowness/blueness; + = yellow, - = blue) parameters were measured using a colorimeter (Konica Minolta CR 400, Osaka, Japan) according to the method described by Francis (1998). All measurements were made in triplicate.

2.2.3. Cooking quality

The water uptake, volume increase and cooking loss values of cooked pasta samples were determined according to Oh et al. (1985) and Özkaya (2005). The pasta samples (20 g) were cooked in 250 ml boiling distilled water for optimum cooking time. The water uptake of samples was expressed by ratio between cooked and dry pasta weights. The volume increase was determined as the percentage difference in cooked and dry pasta volumes. For determination of cooking loss, cooking water was dried until constant weight and weighed. The cooking loss was expressed as a percentage of the dry pasta.

2.2.4. Firmness

The firmness values of cooked pasta samples were measured by a texture analyzer (Stable Micro Systems TA-XT.Plus, Surrey, UK) equipped with an A/LKB-F probe according to AACC method 66-50 (AACC, 2000). Test conditions were as follows: load cell 30 kg; test speed of 1.0 mm s^{-1}, post-test speed of 10 mm s^{-1} and distance of 4.5 mm. The three cooked pasta strands were sheared at a 90° angle. The maximum compression force of the pasta was defined as firmness. Measurements were performed three times and average were reported.

2.2.5. Differential scanning calorimetry measurements

Differential scanning calorimetry (DSC) measurements were made with a TA DSC25 equipment (TA Instruments, Delaware, USA) according to the method described by Güler et al. (2002). Ground pasta samples were weighed (2.4-

2.7 mg) into DSC aluminum hermetic pans, and distilled water was added at 1:3 ratio (sample:water, w/v). The pans were allowed to equilibrate in a refrigerator for 4 h prior to analysis. An empty hermetic pan was used as a reference. The cell was heated at a rate of 10 °C min^{-1} from 10 °C to 100 °C. The onset temperature (T_o), peak temperature (T_p) and enthalpy (ΔH) were evaluated using the TA Instruments analysis software program (TA Instruments, Delaware, USA).

2.2.6. Sensory analysis

For sensory analysis, pasta samples were cooked for optimum cooking time in boiling distilled water, drained and served to 12 panelists. Color, taste, odor, appearance, stickiness and overall acceptability parameters were evaluated using a 9-point scale (1: dislike extremely, 5: neither like nor dislike, 9: like extremely)(Epler et al., 1998).

2.2.7. Statistical analysis

The results were compared by two-way analysis of variance (ANOVA) using TARIST 4.01 (Ege University, İzmir, Turkey) software. Differences between the respective means were determined using Duncan's multiple comparison tests ($P<0.05$). The results were expressed as mean±standard deviation (Düzgüneş et al., 1987).

3. Results and Discussion

The color *L**, *a** and *b** values of pasta samples are demonstrated in *Table 2*. The mean *L**, *a** and *b** values of pasta samples prepared with LFUA were found statistically similar to pasta samples prepared with LFTM ($P>0.05$). When the results are compared in terms of additives, a decrease in the mean *L** value of pasta containing 15% LFTM/LFUA + 10% RS4 was found with the addition of vital gluten. This result may be attributed to creamy color of vital gluten. The mean *a** values of samples varied in the range of 0.27 and 2.46. The use of 15% lupin flour + 10% RS4 with/without additives in pasta formulation significantly ($P<0.05$) increased *a** value compared to 100% semolina pasta. Bright yellow color is generally preferred by consumers in pasta. The addition of 15% lupin flour + 10% RS4 increased *b** value of pasta compared to 100% semolina pasta *(Figure 1).* This may be related to higher yellow pigment content in lupin flour than semolina (Jayasena and Nasar-Abbas, 2012). While addition of vital gluten decreased the mean *b** value of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4, addition of transglutaminase and vital gluten+transglutaminase had no significant ($P>0.0.5$) effect on *b** value of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 *(Table 2).* According to Sissons et al. (2010), this result may be related to the insufficient effect of transglutaminase on the pasta surface.

Table 2. Color values of pasta samples

Factor	n	*L**	*a**	*b**
Lupin flour type				
LFTM	10	57.77±1.37^{a}	1.98±0.97^{a}	30.33±0.92^{a}
LFUA	10	57.65±1.32^{a}	1.91±0.92^{a}	30.61±0.91^{a}
Additives				
100% semolina	4	57.68±0.30^{b}	0.27±0.01^{b}	29.62±0.20^{b}
15% lupin flour + 10% RS4	4	58.24±0.06^{ab}	2.27±0.04^{a}	30.97±0.28^{a}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG	4	55.91±0.22^{c}	2.36±0.18^{a}	29.35±0.20^{b}
15% lupin flour + 10% RS4 + TG	4	59.54±0.38^{a}	2.46±0.10^{a}	31.27±0.11^{a}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG + TG	4	57.18±0.15^{bc}	2.38±0.04^{a}	31.16±0.21^{a}

Means followed by the different letter within a column are significantly ($P<0.05$) different. Duncan's multiple comparison test results according to lupin flour type and additives variance sources. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples. n: number of samples analyzed; LFTM: Lupin flour debittered by traditional method; LFUA: Lupin flour debittered by ultrasound application; RS4: Resistant starch type 4; VG: Vital gluten; TG: Transglutaminase.

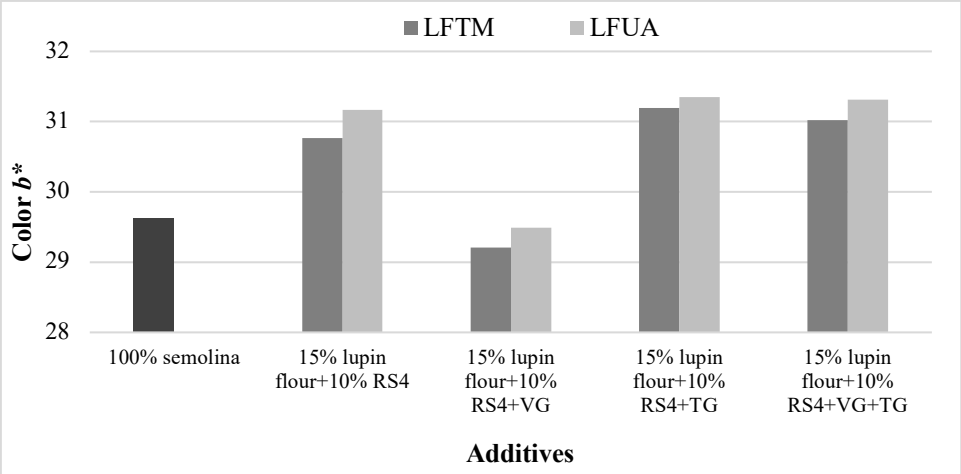


Figure 1. Color b* values of pasta samples

The water uptake, volume increase and cooking loss values of cooked pasta samples are given in *Table 3*. Lupin flour type (LFTM and LFUA) did not show a significant (P>0.05) difference in water uptake values of the samples. Compared to 100% semolina pasta, addition of 15% lupin flour + 10% RS4 significantly (P<0.05) decreased the mean water uptake value of pasta from 147.11% to 137.88%. This decrease may be related to disruption of gluten network due to addition of lupin flour and RS4. However, the mean water uptake values of pasta samples supplemented with vital gluten and vital gluten+transglutaminase were close to 100% semolina pasta. The water absorption of pasta during cooking is mainly related to starch gelatinization and water absorption of gluten (Delcour et al., 2000; Sozer and Kaya, 2003). Therefore, the increase in gluten ratio with the addition of vital gluten can be provided a higher water uptake values in the pasta (Majzoobi et al., 2011). Jyotsna et al. (2004) showed that addition of vital gluten increased water uptake value of vermicelli compared to control.

Table 3. Cooking properties and firmness values of pasta samples

Factor	n	Water uptake (%)	Volume increase (%)	Cooking loss (%)	Firmness (g)
Lupin flour type					
LFTM	10	144.06±4.60^{a}	210.14±4.37^{a}	5.22±0.68^{a}	1350±136.86^{a}
LFUA	10	143.93±3.84^{a}	207.63±4.09^{b}	5.26±0.64^{a}	1311±140.63^{b}
Additives					
100% semolina	4	147.11±1.04^{a}	214.71±2.04^{a}	4.62±0.06^{c}	1446±16.26^{a}
15% lupin flour + 10% RS4	4	137.88±1.07^{c}	203.56±1.97^{d}	6.18±0.02^{a}	1092±21.21^{c}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG	4	147.84±2.02^{a}	210.78±1.98^{b}	4.82±0.05^{c}	1365±41.80^{b}
15% lupin flour + 10% RS4 + TG	4	141.81±0.77^{bc}	207.17±0.03^{c}	5.68±0.04^{b}	1376±44.55^{b}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG + TG	4	145.31±0.21^{ab}	208.21±2.92^{bc}	4.90±0.04^{c}	1374±45.96^{b}

Means followed by the different letter within a column are significantly (P<0.05) different. Duncan's multiple comparison test results according to lupin flour type and additives variance sources. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples. n: number of samples analyzed; LFTM: Lupin flour debittered by traditional method; LFUA: Lupin flour debittered by ultrasound application; RS4: Resistant starch type 4; VG: Vital gluten; TG: Transglutaminase.

As shown in *Table 3*, the mean volume increase value of pasta samples produced with LFUA (207.63%) was lower than the samples produced with LFTM (210.14%). It was reported that ultrasound may decrease the water holding capacity of proteins due to causing denaturation of the molecular structure of proteins and an increase of the hydrophobic surface of proteins (Resendiz-Vazquez et al., 2017). The decrease in volume increase may be attributed to the decrease in the water holding capacity of lupin proteins because of ultrasound application during debittering process. When the results are examined in terms of additives, all of additives increased the mean volume increase values of pasta compared to pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 without additives *(Figure 2)*. In addition, the highest volume increase value was observed in 100% semolina pasta, followed by pasta

samples supplemented with vital gluten and vital gluten+transglutaminase *(Table 3).* This may be related to the strengthening of the gluten network because of the vital gluten addition.

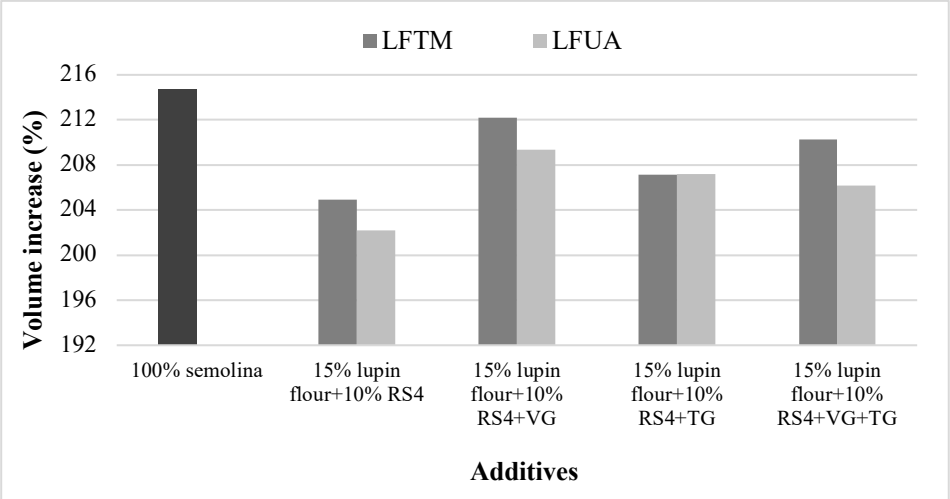


Figure 2. Volume increase values of pasta samples

The mean cooking loss values of pasta samples prepared with LFTM and LFUA were 5.22% and 5.26%, respectively *(Table 3).* Lupin flour type factor had no significant (P>0.05) effect on cooking loss of pasta samples. As seen in *Figure 3*, the highest cooking loss value was obtained in pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 without additives. This result may be attributed to disruption of protein-starch matrix due to addition of dietary-fiber rich lupin flour and RS4 (Petitot et al., 2010). The use of vital gluten and vital gluten+transglutaminase in pasta revealed statistically (P>0.05) similar cooking loss results to 100% semolina pasta *(Table 3).* This may be due to the decrease in leaching of soluble components into cooking water as a result of the formation of a strong gluten network by the addition of vital gluten. Jyotsna et al. (2004) reported that cooking loss of vermicelli reduced from 6.7% to 5.0% by vital gluten supplementation. On the other hand, the effect of transglutaminase on cooking loss of pasta may be attributed to the presence of cross-linked protein structures due to transglutaminase addition which reduces the leaching of starch granules into water (Kuraishi et al., 2001).

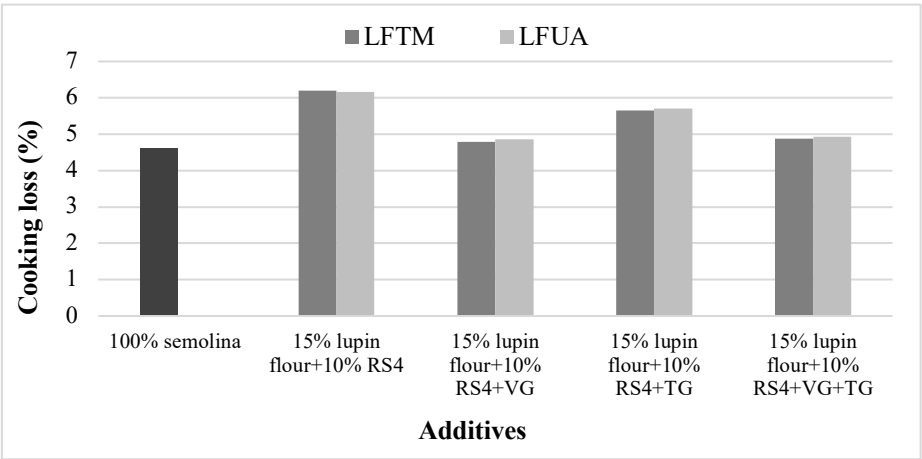


Figure 3. Cooking loss values of pasta samples

The mean firmness value of pasta containing LFTM was higher than pasta containing LFUA *(Table 3).* This may be due to the decrease in water absorption capacity because of changes in the molecular structure of proteins induced by ultrasound application (Resendiz-Vazquez et al., 2017). In terms of additives, use of 15% lupin flour + 10% RS4 without additives resulted in the lowest firmness value in pasta *(Figure 4).* This result may be due to

a weakening of the gluten network as a result of increasing dietary fiber content with the addition of lupin flour and RS4 (Petitot et al., 2010). While all additives increased the mean firmness value of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4, there was no significant (P>0.05) difference between pasta samples produced with additives in terms of firmness value *(Table 3).* The increase in firmness may be associated with the strengthening of the gluten network due to addition of vital gluten or transglutaminase. Sissons et al. (2010) reported that adding transglutaminase to pasta increased firmness value compared to control.

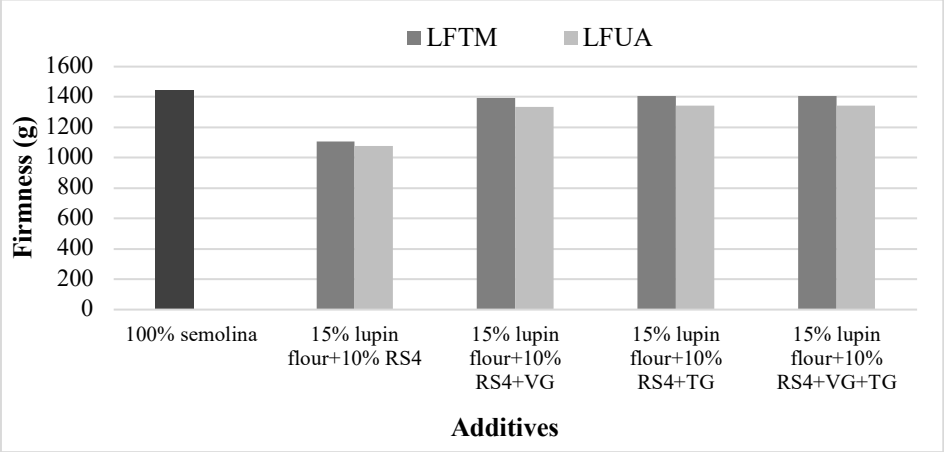


Figure 4. Firmness values of pasta samples

DSC measurements of pasta samples are given in *Table 4*. There was no statistically significant (P>0.05) difference between the mean T_o, T_p and ΔH values of pasta samples prepared with LFTM and LFUA. While the mean T_o value of pasta samples increased with the addition of 15% lupin flour + 10% RS4, the mean ΔH value decreased. These results may be associated with the alteration in starch structure and content due to the addition of lupin flour and RS4 (Tazrart et al., 2019). In terms of additives, use of vital gluten, transglutaminase or vital gluten+transglutaminase did not show a significant (P>0.05) effect on the mean T_o and T_p values of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4. However, the mean ΔH value of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 + vital gluten + transglutaminase (0.08 J g^{-1}) was lower than pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 (0.36 J g^{-1}). The decrease in ΔH value may be due to increase in protein content of pasta with the addition of vital gluten (Tazrart et al., 2019). On the other hand, the effect of transglutaminase on ΔH value may be attributed to the formation of covalent cross-linked bonds between proteins (Lin et al., 2009). Our results are in agreement with Kim et al. (2014) who obtained a decrease in ΔH value of noodle due to addition of rice protein isolate and transglutaminase.

Table 4. DSC measurement values of pasta samples

Factor	**n**	**T_o (°C)**	**T_p (°C)**	**ΔH (J g^{-1})**
Lupin flour type				
LFTM	10	58.15±1.12^{a}	59.86±0.35^{a}	0.46±0.58^{a}
LFUA	10	58.10±1.02^{a}	59.97±0.26^{a}	0.49±0.63^{a}
Additives				
100% semolina	4	56.22±0.06^{b}	59.55±0.27^{a}	1.54±0.10^{a}
15% lupin flour + 10% RS4	4	58.68±0.23^{a}	60.16±0.03^{a}	0.36±0.06^{b}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG	4	58.64±0.21^{a}	59.81±0.06^{a}	0.17±0.04^{bc}
15% lupin flour + 10% RS4 + TG	4	58.47±0.25^{a}	60.28±0.06^{a}	0.20±0.06^{bc}
15% lupin flour + 10% RS4 + VG + TG	4	58.61±0.08^{a}	59.78±0.08^{a}	0.08±0.02^{c}

Means followed by the different letter within a column are significantly (P<0.05) different. Duncan's multiple comparison test results according to lupin flour type and additives variance sources. Values are the average of triplicate measurements on the duplicate samples. n: number of samples analyzed; T_o: Gelatinization onset temperature; T_p: Gelatinization peak temperature; ΔH: Gelatinization enthalpy; LFTM: Lupin flour debittered by traditional method; LFUA: Lupin flour debittered by ultrasound application; RS4: Resistant starch type 4; VG: Vital gluten; TG: Transglutaminase.

Sensory analysis results of pasta samples containing LFTM and LFUA are demonstrated in *Figure 5*. In both pasta samples produced with LFTM and LFUA, color, taste and odor scores of pasta samples supplemented with additives were close to pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4. The use of vital gluten and vital gluten+transglutaminase in pasta presented a higher appearance scores compared to pasta produced without additives. Whereas the addition of 15% lupin flour + 10% RS4 decreased stickiness and overall acceptability scores compared to 100% semolina pasta, pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 + vital gluten or vital gluten+transglutaminase had statistically (P>0.05) similar scores to 100% semolina pasta. Similarly, Majzoobi et al. (2011) reported that sensory analysis (color, taste, stickiness, hardness and overall acceptability) scores of pasta supplemented with vital gluten were higher than control pasta.

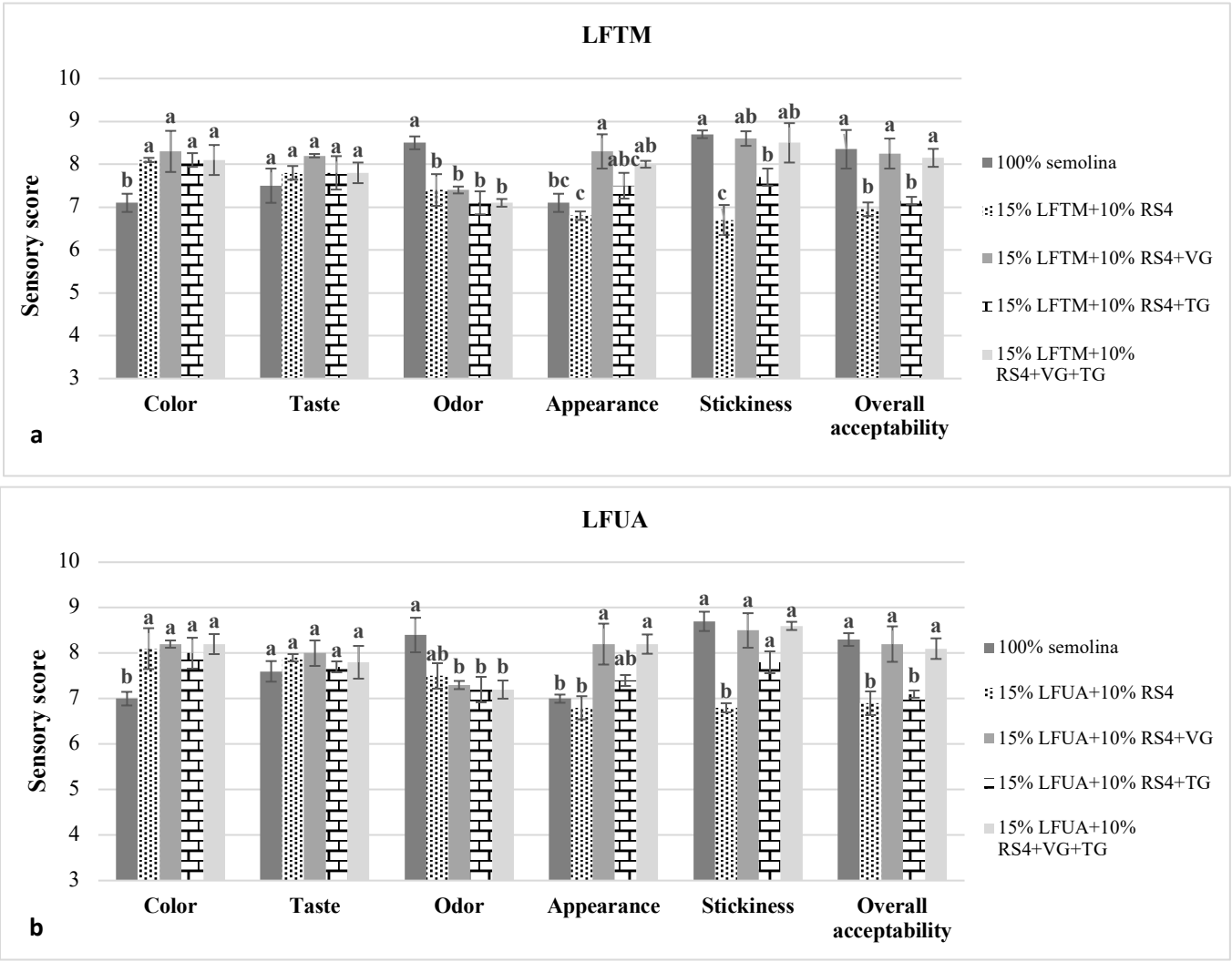


Figure 5. Sensory properties of pasta samples containing LFTM (a) and LFUA (b)

4. Conclusions

This study showed that the use of LFUA instead of LFTM in pasta production had no adverse effect on the color, water uptake, cooking loss, thermal and sensory properties of pasta. The addition of 15% lupin flour + 10% RS4 without additives increased *b** value of pasta, but caused a negative effect on the cooking properties, firmness, stickiness and overall acceptability of pasta. All additives (vital gluten, transglutaminase and vital gluten+transglutaminase) markedly improved volume increase, cooking loss, firmness and stickiness values of pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4. In addition, among the additives, vital gluten was more effective on cooking properties of pasta. In both pasta samples containing LFTM and LFUA, overall acceptability scores of pasta produced with 100% semolina, 15% lupin flour + 10% RS4 + vital gluten/vital gluten+transglutaminase were statistically (P>0.05) similar to each other and higher than pasta containing 15% lupin flour + 10% RS4 without additives or with

transglutaminase. This study demonstrated that the combination of 15% lupin flour + 10% RS4 + vital gluten could be enhanced nutritional, technological and sensory quality of pasta.

Acknowledgment

This work was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) (Project No: 119O071), Turkey. Elif Yaver is YÖK 100/2000 scholarship holder.

References

AACC. (2000). American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.

Brennan, C.S., Tudorica, C.M. (2007). Fresh pasta quality as affected by enrichment of nonstarch polysaccharides. *Journal of Food Science* 72 (9): 659-665.

Delcour, J.A., Vansteelandt, J., Hythier, M.C., Abecassis, J. (2000). Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of starch gelatinization and pasting properties in pasta quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3774-3778.

Dexter, J.E., Matsuo, R.R. (1978). The effect of gluten protein fractions on pasta dough rheology and spaghetti making quality. *Cereal Chemistry* 55: 44-57.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II). Ankara University Press., No: 1021, Ankara, Turkey, pp. 73.

Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46: 33-50.

Enneking, D., Wink, M. (2000). Towards the elimination of anti-nutritional factors in grain legumes. In: R. Knight (Eds.) Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century, Proceedings of the 3rd International Food Legumes Research Conference, Sept 22-28, Adelaide, South Australia, Dordrecht, Springer, pp. 671-683.

Epler, S., Chambers, E., Kemp, K.E. (1998). Hedonic scales are a better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. *Journal of Sensory Studies* 13 (2): 191-197.

Francis, F.J. (1998). Colour analysis. In: Food Analysis, SS Nielsen (Ed.), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.

Güler, S., Köksel, H., Ng, P.K.W. (2002). Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. *Food Research International* 35: 421-427.

Haralampu, S.G. (2000). Resistant starch - a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41: 285-292.

Jayasena, V., Nasar-Abbas, S.M. (2012). Development and quality evaluation of high-protein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour. *Journal of Texture Studies* 43: 153-163.

Jyotsna, R., Prabhasankar, P., Indrani, D., Rao, G.V. (2004). Effect of additives on the quality and microstructure of vermicelli made from *Triticum aestivum*. *European Food Research and Technology* 218: 557-562.

Kim, Y., Kee, J.I., Lee, S., Yoo, S.H. (2014). Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase. *Food Chemistry* 145: 409-416.

Kuraishi, C., Yamazaki, K., Susa, Y. (2001). Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International* 17: 221-246.

Lin, C.-F., Wang, Y.T., Wu, J.S.-B. (2009). Modification in physical properties of rice gel by microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 477-481.

Majzoobi, M., Ostovan, R., Farahnaky, A. (2011). Effects of gluten powder on the quality of wheat flour spaghetti cooked in distilled or salted water. *Journal of Texture Studies* 42: 468-477.

Oh, N.H., Seib, P.A., Chung, D.S., Deyoe, C.W. (1985). Noodles, III. effects of processing variables on quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chemistry* 62: 437-440.

Özkaya, H. (2005). Analyses Methods of Cereals and Cereal Products. Association of Food Technology, No.14, Ankara, Turkey.

Petitot, M., Barron, C., Morel, M.-H., Micard, V. (2010). Impact of legume flour addition on pasta structure: Consequences on its *in vitro* starch digestibility. *Food Biophysics* 5: 284-299.

Prusinski, J. (2017). White lupin (*Lupinus albus* L.) - Nutritional and health values in human nutrition - A review, *Czech Journal of Food Sciences* 35 (2): 95-105.

Resendiz-Vazquez, J.A., Ulloa, J.A., Urias-Silvas, J.E., Bautista-Rosales, P.U., Ramirez-Ramirez, J.C., Rosas-Ulloa, P., Gonzalez-Torres, L. (2017). Effect of high-intensity ultrasound on the technofunctional properties and structure of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed protein isolate. *Ultrasonics Sonochemistry* 37: 436-444.

Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch - A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5: 1-17.

Sissons, M.J., Aravind, N., Fellows, C.M. (2010). Quality of fiber-enriched spaghetti containing microbial transglutaminase. *Cereal Chemistry* 87: 57-64.

Sozer, N., Kaya, A. (2003). Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooking with different levels of salt in the cooking water. *Journal of Texture Studies* 34: 381-390.

Tazrart, K., Zaidi, F., Salvador, A., Haros, C.M. (2019). Effect of broad bean (*Vicia faba*) addition on starch properties and texture of dry and fresh pasta. *Food Chemistry* 278: 476-481.

Temba, M.C., Njobeh, P.B., Adebo, O.A., Olugbile, A.O., Kayitesi, E. (2016). The role of compositing cereals with legumes to alleviate protein energy malnutrition in Africa. *International Journal of Food Science Technology* 51 (3): 543-554.

Uran, H., Aloğlu, H.Ş., Çetin, B. (2021). Determining of some quality properties of sucuks produced by lactulose addition. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 18 (1): 58-70.

Uzun, B., Arslan, C., Karhan, M., Toker, C. (2007). Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.). *Food Chemistry* 102: 45-49.

Velioğlu, S.D., Güner, K.G., Velioğlu, H.M., Çelikyurt, G. (2017). The use of hazelnut testa in bakery products. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 14 (3): 127-139.

Wood, A. (2009). Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science* 49: 128-133.

Yaver, E. (2021). *Production of lupin flour with prolonged shelf life and utilization in pasta and bread production for improvement nutritional-functional properties.* (Ph.D. Dissertation) Necmettin Erbakan University. Department of Food Engineering, Konya, Turkey, pp. 311.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 15/02/21
Kabul/Accepted: 09/05/21
DOI: 10.33462/jotaf.880817

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Ceviz Bakteriyel Yanıklık Etmeni *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*'e Karşı Antagonist Bakteriyel İzolatların *in vitro* Koşullarda Biyokontrol Etkinliklerinin Belirlenmesi

Determination of *in vitro* Biocontrol Potentials of Antagonist Bacterial Isolates against Walnut Blight Disease Agent *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*

Bilgen YÖRÜK[1], Mustafa MİRİK[2*]

Öz

Xanthomonas arboricola pv. *juglandis*'in neden olduğu ceviz yanıklık hastalığı, cevizin (*Juglans regia* L.) üretimini etkileyen en önemli ve yaygın bakteriyel hastalıklardan biridir. Hastalık etmeni ülkemiz ceviz üretim alanlarında ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tipik simptomlar sürgün, yaprak, dişi çiçek, tomurcuk ve meyve gibi tüm sulu dokularda görülür. Enfeksiyon başlangıçta su emmiş leke şeklindeyken zamanla bu lekeler kahverengi-siyah nekrotik alanlara dönüşür. Başlangıçta sarı-yeşil bir hale ile çevrelenmiş dairesel lezyonlar genellikle noktasal olarak genişler. Hastalık etmeni ile mücadelede kültürel önlemler ve bakırlı preparatlar önerilmektedir. Son yıllarda, bakteriyel hastalık etmenlerinin kontrolünde çevreye dost biyolojik mücadele üzerine çalışmalar artmıştır. Bu çalışmada; enfekteli bitkilerden *Xanthomonas arbaricola* pv. *juglandis*'in izolasyonu ve tanılanması ve potansiyel aday bakteriyel antagonistlerin *in vitro* koşullarda bakteriyel büyümeyi baskılayabilme yetenekleri ve antagonistik potansiyelleri araştırılmıştır. Kütahya ili ceviz üretim alanlarına yapılan surveyler ile hastalıklı yaprak; sağlıklı yaprak ve çiçek örnekleri toplanmıştır. Hastalıklı yapraklardan patojen bakteri izolatı; sağlıklı çiçek ve yapraklarda antagonist bakteri izolatı elde edilmiştir. Bakteriyel hastalık etmeni izole edilmiş ve morfolojik ve biyokimyasal testlerle tanılanmıştır. Sağlıklı ceviz yapraklarından seçici besi ortamları kullanılarak izole edilen 109 adet aday antagonist bakteri izolatları ile *in vitro* koşullarda ikili kültür testi yapılarak *Xanthomonas arbaricola* pv. *juglandis*'i baskılama yetenekleri araştırılmıştır. Bu test sonucunda, 80 adet izolatın farklı boyutlarda (3.44-30.00 mm) engelleme alanı oluşturduğu, 37 adet izolatın ise gelişimini tamamen baskıladığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada antagonist bakterilerin *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* gelişimini önemli oranda engellemiş olması, antagonist izolatların biyolojik mücadelede kullanılabilirliğini göstermiştir. Hastalık etmenine karşı etkili bakteriyel izolatların tanılanması ve *in vivo* çalışmalarla etkinliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: *Juglans regia, Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, Ceviz bakteriyel yanıklık hastalığı, Biyolojik mücadele, Antagonist

2*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa Mirik, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: mmirik@nku.edu.tr OrcID: 0000-0002-5651-6597

[1] Bilgen Yörük, İzmir Zirai Karantina Müdürlüğü, İzmir, Türkiye. E-mail: bilgenyoruk@gmail.com OrcID: 0000-0002-1830-6660

Atıf/Citation: Yörük, B., Mirik, M. Ceviz bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas arbolicola* pv. *juglandis*' e karşı antagonist bakteriyel izolatların *in vitro* koşullarda biyokontrol etkinliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 569-577.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Walnut blight disease, caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (*Xaj*), is one of the most important and common bacterial disease which effects production of walnut (*Juglans regia* L.) plants. The bacterial disease is led to economic losses significantly in juglans growth fields of Turkey. Typical symptoms occur on all succulent tissues including shoots, leaves, rachis, petioles, buds, female flowers, catkins and nuts. Infection begin as translucent water-soaked areas which develop into brown to blackish greasy necrotic areas. Lesions, which are often surrounded by a yellow-green halo, are initially circular but often expand into angular spots. Management of the pathogen is suggested the cultural methods and using copper compounds. Recently, controlling bacterial diseases the eco-friendly biological control studies are increased to control bacterial diseases. In this study, isolation and identification of disease agent *Xaj* from infected plants and antagonistic potentials of candidate bacterial antagonist biological control agent were investigated for their ability to suppress bacterial growth *in vitro* conditions. Bacterial disease agents were isolated and identified according to morphological and biochemical methods. Using selective nutrient media, total of 109 candidate antagonist bacterial isolates were isolated from different healthy walnut plant leaves and investigated for their ability to suppress bacterial growth *in vitro* conditions by dual culture test. From this test, eighty-one bacterial isolates were found to produce inhibition zones a varying size (range of 3.44-30.00 mm). Among the 80 isolates, thirty-seven isolates were able to suppress the bacterial growth completely. According to preliminary results of the significant suppression in the bacterial growth caused by antagonist bacteria, bacterial isolates could be used as possible biocontrol agent against walnut bacterial blight disease. Further studies should be conducted on identification and determination of mode of actions and *in vivo* activities of the most efficient bacterial isolates against disease agent.

Keywords: *Juglans regia, Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis,* Walnut bacterial blight disease*,* Biological control, Antagonist

1. Giriş

Ceviz sağlık ve beslenme bakımından çok önemli bir bitki türüdür. Genel olarak cevizde %3.5 su, %15-30 protein, %55-77 yağ ve %5- 15 oranında da karbonhidrat (ağırlık selüloz) bulunmaktadır. Ayrıca cevizin meyvesi, Ca, P, Mg, Fe, Na, K gibi mineral maddeler bakımından zengin olduğu gibi A, B1, B2, B6, C vitaminlerini de içermektedir. Bir kg ceviz yaklaşık 7.000 kalori enerji sağlamaktadır.

Cevizin anavatanı bazılarına göre İran'ın Ghilan Bölgesi, bazılarına göre ise Çin'dir. Daha büyük bir kesim ise cevizin ana vatanının Karpat dağlarından Türkiye, Irak, İran, Afganistan, Güney Rusya, Hindistan, Mançurya ve Kore'ye kadar uzandığını savunulmaktadır (Anonim 2017a).

Ceviz gerek Türkiye'de ve gerekse Dünya'da önemli bir kültür bitkisi olmasından dolayı geniş üretim alanlarına sahiptir. Üretim bakımından değerlendirildiğinde Dünya 2018 yılı ceviz üretimi toplam 3.662.507 ton olup önemli ceviz üretici ülkeler ise Çin, Amerika, İran, Türkiye ve Meksika 'dır. Türkiye 2018 verilerine göre 1.117.750 dönümden 215.000 ton ceviz üretimi ile Dünya'da 4. sırada yer almaktadır. Cevizin iklim istekleri uygun olmasından dolayı Türkiye'nin hemen hemen her bölgede yetiştirilmektedir (FAO, 2021).

Ülkemizde üretim, sağlık ve beslenme açısından önemli bir yere sahip olan ceviz bitkisinde fungal, bakteriyel kökenli birçok hastalık görülmektedir. Armillaria Kök Çürüklüğü (*Armillaria mellea*), Cevizde Memeli Pas (*Gymnosporangium* spp.), Yaprak Sarı Çillenmesi (*Microstroma juglandis*) (Kurt ve ark., 2003) ve Ceviz Antraknozu (*Gnomonia leptostyla*) cevizde görülen önemli fungal hastalıklardır. Ceviz Kök Boğazı Tümörü (*Rhizobium radiobacter*), Cevizde Bakteriyel Kanser ve Zamklanma (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) ve Ceviz Bakteriyel Yanıklığı (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*) ise cevizde görülen önemli bakteriyel hastalıklardır. Ceviz yapraklarında karşılaşılması olası bir viral hastalık da mevcuttur. Bu, Kiraz Yaprak Kıvırcıklığı Virüsü (Cheery Leafroll Nepovirüs, CLRV)'nün bir ırkının cevizin aşı yeri ile anacı arasında siyah bir çizgi şeklinde belirti veren cevizde halkalı leke veya siyah çizgi hastalığıdır (Tezcan, 2005).

Hastalık etmeni *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (*Xaj*)'ın sebep olduğu ceviz bakteriyel yanıklığı hastalığı, İran'da bahar aylarında hava koşullarına göre şiddetli epidemilere sebep olarak, ceviz üretim alanlarında önemli ekonomik kayıplara neden olmuştur (Vauterin, 2000). Ayrıca *Xaj*'ın neden olduğu bakteriyel ceviz yanıklığı hastalığının, Marmara Bölgesi'nde uygun hava koşullarında şiddetli epidemi yaptığı bildirilmiştir (Özaktan ve ark., 2007).

Patojen ceviz yapraklarında kahverengi-siyah lekelere sebep olur. Sayısız lekeler ve çizgi şeklindeki oluşumlar yaprak yüzeyini tamamen kaplayarak yaprak şekil bozukluğuna ve deformasyonlara sebep olurlar. Meyve kabuğu henüz yeşilken dış kabuk üzerinde siyah lekelere sebep olur ve bu lekeler cevizin iç kısmına kadar ilerleyebilir. Etmenin özellikle erken ilkbahar donlarından sonra yeşil sürgün ve tomurcuklarda yanıklık meydana getirmesi oldukça karakteristik bir belirtidir. Patojen yaşlı ağaçların dallarında kurumalara sebep olmaktadır (Anonim, 2017b).

Etmenin mücadelesinde; hastalıklı sürgün ve dalların budanarak uzaklaştırılması, dökülen meyvelerin toplanarak uzaklaştırılması, hastalığa karşı dayanıklı çeşit kullanımı, bakırlı fungisitlerin kullanımı önerilmektedir.

Son yıllarda patojen bakterilerin bakıra karşı dayanıklılık kazanması mücadele yönteminde yeni alternatiflerin aranması çalışmalarını hızlandırmıştır. Bu çalışma ile hastalıkla mücadelede kimyasallara alternatif biyolojik mücadele olanakları *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada materyal olarak; *Xaj* CP2 izolatı, Kütahya ili Domaniç ilçesi ceviz üretim alanlarından izole edilen ve Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bakteriyoloji Laboratuvarında bulunan Prof. Dr. Mustafa MİRİK'e ait aday antagonist bakteri izolatları ve çeşitli besi yerleri kullanılacaktır.

2.1. Hastalık belirtisi gösteren ceviz yapraklarının toplanması ve bakteriyel etmenin izolasyonu

2015-2017 yıllarında Mart-Haziran ayları boyunca düzenli aralıklarla Kütahya'nın Domaniç İlçesi'nde Merkez, Aksu, Böçen, Sarıot ve Yeşilköy mahallelerinde bulunan 21 adet ceviz bahçesine surveyler yapılmıştır. Bu bahçelerden ceviz yapraklarında kahverengi-siyah lekeli ve bu lekelerin kenarları sınırlanmış kloroz olan yaprak örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerin etiketlemesi yapılarak gazete kağıtlarına sarılıp polietilen torbalara

konulmuştur ve laboratuvara getirilmiştir. Hastalıklı yapraklardan yanıklık belirtisi görülen kısımlarından, hastalıklı ve sağlıklı dokuyu içerecek şekilde yaklaşık olarak 0.5 cm'lik bitki parçaları alınmış ve %70'lik alkol veya %1'lik NaOCl kullanılarak yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmıştır. Bitki parçaları havanda steril nutrient broth ile homojenize edilmiş ve 20-30 dakika steril kabinde bekletilmiştir. Daha sonra NA besi yeri içeren petrilere bir öze dolusu bakteri solüsyonundan alınarak çizgi ekimi yapılmıştır. Petriler 25 ^{0}C'de 48-72 saat inkübe edilmiştir. Sarı koloni gelişimi gösteren petrilerden saflaştırma yapıldıktan sonra eğik agara alınarak inkübe edildikten sonra +4 ^{0}C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

2.2. Elde edilen izolatların tanısı

Lelliott ve Stead (1987)'e göre hastalıklı bitkilerden elde edilen izolatların patojenitesi yapılmıştır. Patojenite çalışmaları için ham ceviz meyveleri kullanılmıştır. Meyveler %3'lük NaOCl içerisinde 3 dakika bekletildikten sonra steril su ile yıkanarak yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmıştır. Nemli kurutma kağıtlarının bulunduğu steril kutulara her kutuda 3 adet olacak şekilde ceviz meyveleri yerleştirilmiştir. Daha sonra NA'da 48 saat inkübe edilen *Xaj* izolatları steril bir kürdan ile alınarak ham ceviz meyvesine batırılarak inokule edilmiştir. 25 ^{0}C'de 48 saat inkübe edilen kutulardaki cevizler üzerindeki belirtiler değerlendirilmiştir (Van der Zwet, 1986; Klement ve ark., 1990). Ham ceviz meyvesi üzerinde görülen siyah lekelerden re-izolasyonlar yapılmıştır. Elde edilen re-izolatlar ile tanı çalışmalarına geçilmiştir. Ceviz de bakteriyel yanıklık etmeni *Xaj'*in KOH ile gram reaksiyonu, sisteminden H_2S oluşumu ve LOPAT (L: levan oluşumu, O: oksidaz testi, P: patateste pektolitik aktivite, A: arginin dehidrolaz testi, T: tütünde aşırı duyarlılık reaksiyonu), oksidatif-fermantatif, nişasta hidrolizasyonu ile tanı testleri yapılmıştır (Sands, 1990; Lelliott ve Stead, 1987, Klement ve ark., 1990, Schaad, 2001,). Ayrıca Tween B besi yerinde koloni morfolojisine bakılmıştır (McGuire ve ark., 1986).

2.3. *Ceviz bakteriyel yanıklık hastalığının biyolojik mücadelesine yönelik in vitro çalışmalar*

***Ceviz yapraklarından aday antagonist izolasyonu*:**

2015-2017 yılları Mart-Haziran aylarında Kütahya ili Domaniç ilçesine bağlı Merkez, Aksu, Böçen, Sarıot ve Yeşilköy mahallesi ceviz bahçelerine yapılan surveylerde, sağlıklı ağaçlardan yaprak örnekleri alınmış ve kağıt torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Aday antagonist bakteri izolasyonu için PSF besi ortamı kullanılmıştır. İzolasyon için 10 g yaprak örneği tartılarak 90 ml nutrient broth içerisinde 2-3 saat süreyle 150 rpm hızla orbital çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Daha sonra yaprak süspansiyonundan 1'er ml alınarak içerisinde 9 ml nutrient broth bulunan tüplere aktarılmıştır. Her bir örnekten ayrı ayrı seyreltme serisi hazırlanmıştır. Seyreltme serilerinin -4, -5 ve -6.'sından 100 µl alınarak 3 tekerrürlü olacak şekilde PSF içeren petrilere baget ile yayılmıştır. Petriler 48-72 saat 25 °C' de inkübe edilmiştir. Petrilerde gelişen farklı renk ve tipteki koloniler saflaştırılmış ve tütünde aşırı duyarlılık testi yapılmıştır. Test için bir öze dolusu bakteri 9 ml nutrient broth ile karıştırılmış ve steril bir şırınga ile tütün yaprağının damar arasına enjekte edilmiştir. 24 saat sonra tütün yapraklarında damar arasında su emmiş leke, nekroz oluşumu gösteren izolatlar elenmiş, herhangi bir belirti göstermeyen izolatlar daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere YDCA besi yerinde inkübe edilip +4 °C' de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Aday antagonistlerin in vitro'da Xanthomonas arbaricola pv. juglandis'e karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi:

Aday antagonist bakteri izolatlarının *Xaj*'a karşı etkinliği ikili kültür testleri sonucunda belirlenmiştir (Krishnamurthy ve Gnanamarickam, 1998; Mirik, 2005; Çetinkaya-Yıldız, 2007; Horuz, 2014; Öksel ve Mirik, 2015; Bozkurt ve Soylu, 2019; Umarusman ve ark., 2019). Çalışmada patojen bakteri olarak CP2 Aksu kodlu *Xaj* izolatı kullanılmıştır. Elde edilen aday antagonist izolatlar NA besi yerinde geliştirilmiş ve gelişen kültürlerin her biri petride 120 derecelik açıyla birbirinden uzak çizilmiş üç noktaya nokta ekimi yapılmıştır. Petriler 25 °C' de 24 saat inkübe edilerek aday antagonistlerin gelişimi sağlanmıştır. 24 saat sonra patojenin 1×10^8 hücre/ml konsantrasyondaki süspansiyonu eşit mesafeden petrilere püskürtülerek patojenin eşit olarak yayılması sağlanmıştır. 25 °C'de 2 gün inkübasyondan sonra petrilerde oluşan engelleme alanları ölçülerek aday antagonist izolatların etkinliği belirlenmiştir. Petri denemeleri *in vitro* koşullarda üç tekerrürlü olarak kurulmuştur.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1.Ceviz Yapraklarından Bakteriyel Yanıklık Etmeninin İzolasyonu

Kütahya iline bağlı Domaniç ilçesi Merkez, Aksu, Böçen, Sarıot ve Yeşilköy mahallesi ceviz bahçelerinden alınan yaprak örnekleri laboratuvara getirilerek izolasyonu yapılmıştır. İzolatlar NA besi yerinde sarı renkte, mukoid, yuvarlak koloni gelişimi göstermiştir. Toplamda 15 adet izolat elde edilmiştir.

3.2. Elde Edilen İzolatların Tanısı

***Patojenite Testi*:** Elde edilen *Xaj* izolatlarının patojenite testi sonucunda ham ceviz meyvelerinde 2-4 gün sonra kahverengi-siyah lekeler gözlenmiştir. Negatif kontrol olarak steril su ile yapılan meyve inokulasyonlarında ise herhangi bir belirti gözlenmemiştir. İzolatlar ham meyvelerde referans kültür olarak kullanılan Hacıköy izolatı ile aynı belirtileri gösterdiğinden patojenite testi pozitif olarak değerlendirilmiştir. Patojenite testi sonucu elde edilen re-izolatlar ile tanı çalışmaları yapılmıştır.

***Potasyum Hidroksit (KOH) ile Gram Reaksiyonu*:** *Xaj* re-izolatları ile yapılan gram reaksiyonu sonucunda, özeye yapışarak viskoz bir yapının oluşmasından dolayı izolatlar Gram (-) olarak değerlendirilmiştir. *Cmm* 1-2 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatı ise uzama göstermemiştir (*Tablo 1*).

***Levan Oluşumu*:** SNA besi yerine çizimi yapılan *Xaj* re- izolatlarının tamamında levan oluşumu gözlenmemiştir. *E* 4-2 kodlu *Erwinia amylovora* izolatı ise SNA besi yerinde beyaz, kubbemsi, mukoid koloni gelişimini göstermiştir (*Tablo 1*).

***Oksidaz Testi*:** Re-izolatlar oksidaz test solüsyonu emdirilmiş filtre kağıdına çizilen zig zaglar sonucunda hiçbir renk değişimi olmadığından oksidaz testi negatif olarak değerlendirilmiştir. Oksidaz pozitif özellikteki *Pseudomona cichorii* kültürü çalışmada kullanılmıştır ve mavi-mor renkte bir değişime neden olmuştur (*Tablo 1*).

***Pektolitik Aktivite Testi*:** *Xaj* re-izolatları pektolitik enzim üretmediğinden patates dilimleri üzerinde yumuşak çürüklük belirtisi oluşturmamıştır. İzolatların patatesteki pektolitik aktivite testi negatif olup, kontrol olarak kullandığımız *SRE* 31-1 kodlu *Pectobacterium caratovorum* subsp. *caratovorum* izolatı çalışmada kullanılmış ve patates dokularında çürümeye neden olmuştur (*Tablo 1*).

***Arginin Dehidrolaz Testi*:** Thornley 2A besi yerine inokule edilen re-izolatlar ve Hacıköy izolatı besi yerinde renk değişimine neden olmamıştır (*Tablo 1*).

***Tütünde Aşırı Duyarlılık Testi*:** *Xaj* re-izolatları ve Hacıköy izolatı tütün yapraklarının damar aralarında 24 saat sonra su emmiş alanlar ve 48 saat sonra nekroz oluşturduğundan aşırı duyarlılık reaksiyonları pozitif olarak değerlendirilmiştir (*Tablo 1*).

***Oksidatif-Fermentatif Test*:** Taze geliştirilmiş 48 saatlik *Xaj* izolatları ve orijinal bakteri kültürleri ile nokta aşılama yapılmıştır. Her izolat için 6 tüp kullanılmıştır, bu tüplerden üçüne 1 ml steril ılık vaspar (bir ölçü vazelin üç ölçü parafin karışımı) konarak yüzeyi kapatılmış diğer üçüne hiçbir ekleme yapılmamıştır. 25ºC'de 5-6 günlük bir inkübasyondan sonra ortam renginin sarıya dönmesi pozitif olarak değerlendirilir. *Xaj* izolatlarıyla yapılan oksidatif-fermantatif test sonuçlarında vasparlı tüplerde sarı renk oluşumu görülmemiştir. Bu nedenle oksidatif-fermantatif test sonucu negatif olarak değerlendirilmiştir. Bunun sebebi ise *Xaj*'in aerobik bir bakteri olmasıdır. Kısacası vaspar ile hava teması kesilen tüplerde ceviz bakteriyel yanıklık etmeni gelişim yapamadığından karbonhidrat ayrışması gerçekleşmemiştir (*Tablo 1*).

***Nişasta Hidralizasyon Testi*:** Nişasta besi yerine çizilen ceviz bakteriyel yanıklık izolatları ve referans kültürler 7-14 günlük inkübasyon sonunda üzerine lugol eriği döküldüğünde koloni çevresinde referans kültürde belirgin parlak bir alan gözlenirken bölge izolatlarında bu alan zayıf olarak belirlenmiştir. Bölge izolatları nişastayı hidrolize ettiklerinden pozitif olarak değerlendirilmiştir (*Tablo 1*).

***Tween B ortamında Koloni Gelişimi*:** Bölgeden izole edilen *Xaj* izolatları Tween B besi yerinde yuvarlak, sarı tümsek ve çevresinde temiz haleli koloniler geliştirmiştir (*Tablo 1*).

Sisteinden H_2S oluşumu: Steril tüpler içindeki ortama bakteri aşılandıktan sonra kurşun asetatlı kâğıtlarda renk değişimi olup olmadığı 14 gün boyunca gözlenmiş, tüplerdeki kursun asetatlı kâğıtları siyahlaştıran referans kültür ve *Xanthomonas arbolicola pv. junglandis* izolatı pozitif sonuç vermiştir (*Tablo 1*).

Tablo 1.Biyokimyasal testler ile Xanthomonas arbolicola pv. juglandis re-izolatlarının tanılanması

Table 1. Identification of Xanthomonas arbolicola pv. junglandis Strains by biochemical tests

İzolat Adı	Alındığı Yer	Bitki Materyali	NA'daki Koloni Gelişimi	GR	L	O	P	A	HR	N	T	O-F
CP-1	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-2	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-3	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-4	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-5	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-6	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-7	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-8	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-9	Kütahya/Aksu köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-10	Kütahya/Böçen köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-11	Kütahya/Böçen köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-12	Kütahya/Sarıot köyü	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-13	Kütahya/Yeşilköy	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-14	Kütahya/Yeşilköy	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
CP-15	Kütahya/ Merkez	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Hacıköy	Edirne/Hacıköy	Yaprak	Sarı	-	-	-	-	-	+	+	+	-

GR: Gram Reaksiyonu; **L**: levan tipte koloni gelişimi; **O**: oksidaz testi; **P**: patateste pektolitik aktivite; **A**: arginin dehidrolaz aktivitesi; **HR**: tütünde aşırı duyarlılık reaksiyonu; **N:** nişasta hidrolizasyonu; **T:** Tween B besi yerinde gelişim; **O-F:** oksidatif-fermantatif testi

3.3.Ceviz bakteriyel yanıklık hastalığının biyolojik mücadelesine yönelik in vitro çalışmalar

***Ceviz yapraklarından aday antagonist izolasyonu*:** 2015-2016 yılları arası Nisan-Temmuz aylarında Kütahya ilinde bulunan ceviz üretim alanlarına surveyler yapılmıştır. Bu amaçla gezilen 21 ceviz bahçesinden yaprak örnekleri alınmıştır. PSF besi yerine yapılan izolasyonlarda farklı renk ve tipte gelişen koloniler saflaştırılarak tütün bitkisinde HR testine tabi tutulmuştur. HR reaksiyonu sonucunda tütün yaprak aralarında su emmiş leke ve kurumalara sebep olmayan 69 adet izolat aday antagonist olarak seçilmiştir. Ayrıca Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan, çeşitli kültür bitkilerinin topraklarından alınmış ve NBRIP besi ortamı kullanılarak izole edilen 40 adet aday antagonist bu çalışmada kullanılmıştır.

***Aday antagonistlerinin vitro'da Xanthomonas arboricola pv. juglandis'e karşı etkinliğinin belirlenmesi*:** Aday antagonist bakterilerin patojene karşı etkinliğinin belirlenmesi için ikili kültür testleri yapılmıştır.1×10^8 yoğunluğundaki *Xaj*'e etkisinin *in vitro* petri denemeleriyle araştırıldığı çalışmada 109 adet aday antagonistin engelleme alanları ölçülmüştür. Aday antagonist izolatların 37 adeti ikili kültür testi sonucunda *Xaj'*in gelişimini tamamen engellediği (30.00 mm), 43 adedi ise 3.44-27.00 mm aralığında değişen engelleme alanı oluşturduğu ve 29 adet aday antagonist izolatın ise patojene karşı hiçbir etkisinin olmadığı saptanmıştır *(Tablo 2).*

Tablo 2. Xanthomonas arbolicola pv. juglandis' e karşı antagonist bakteri izolatlarının etkinliğinin belirlenmesi

Table 2. Effect of antagonist caterial isolates obtained agaisnt Xanthomonas arbolicola pv. jugladis

No	İzolat Adı	Eng. Al. (mm)	No	İzolat Adı	Eng. Al. (mm)	No	İzolat Adı	Eng. Al. (mm)	No	İzolat Adı	Eng. Al. (mm)
1	CA-1	5.22	**29**	CA-29	0.00	**56**	CA-56	0.00	**83**	MMA-14	0.00
2	CA-2	30.00	**30**	CA-30	12.00	**57**	CA-57	0.00	**84**	MMA-15	0.00
3	CA-3	30.00	**31**	CA-31	0.00	**58**	CA-58	0.00	**85**	MMA-16	3.44
4	CA-4	10.22	**32**	CA-32	5.44	**59**	CA-59	0.00	**86**	MMA-17	7.56
5	CA-5	9.78	**33**	CA-33	30.00	**60**	CA-60	30.00	**87**	MMA-18	0.00
6	CA-6	14.67	**34**	CA-34	30.00	**61**	CA-61	7.56	**88**	MMA-19	12.78
7	CA-7	30.00	**35**	CA-35	11.56	**62**	CA-62	30.00	**89**	MMA-20	30.00
8	CA-8	8.11	**36**	CA-36	14.00	**63**	CA-63	30.00	**90**	MMA-21	0.00
9	CA-9	10.44	**37**	CA-37	30.00	**64**	CA-64	30.00	**91**	MMA-22	30.00
10	CA-10	9.67	**38**	CA-38	9.00	**65**	CA-65	6.22	**92**	MMA-23	30.00
11	CA-11	0.00	**39**	CA-39	6.56	**66**	CA-66	9.56	**93**	MMA-24	0.00
12	CA-12	0.00	**40**	CA-40	30.00	**67**	CA-67	30.00	**94**	MMA-25	0.00
13	CA-13	5.67	**41**	CA-41	11.78	**68**	CA-68	30.00	**95**	MMA-26	0.00
14	CA-14	8.22	**42**	CA-42	30.00	**69**	CA-69	13.33	**96**	MMA-27	30.00
15	CA-15	30.00	**43**	CA-43	30.00	**70**	MMA-1	0.00	**97**	MMA-28	0.00
16	CA-16	9.89	**44**	CA-44	0.00	**71**	MMA-2	30.00	**98**	MMA-29	30.00
17	CA-17	12.78	**45**	CA-45	30.00	**72**	MMA-3	7.00	**99**	MMA-30	15.11
18	CA-18	11.33	**46**	CA-46	7.67	**73**	MMA-4	30.00	**100**	MMA-31	6.11
19	CA-19	0.00	**47**	CA-47	30.00	**74**	MMA-5	0.00	**101**	MMA-32	30.00
20	CA-20	0.00	**48**	CA-48	30.00	**75**	MMA-6	9.11	**102**	MMA-33	9.22
21	CA-21	30.00	**49**	CA-49	8.11	**76**	MMA-7	30.00	**103**	MMA-34	27.00
22	CA-22	10.67	**50**	CA-50	30.00	**77**	MMA-8	0.00	**104**	MMA-35	0.00
23	CA-23	30.00	**51**	CA-51	11.00	**78**	MMA-9	0.00	**105**	MMA-36	3.89
24	CA-24	0.00	**52**	CA-52	30.00	**79**	MMA-10	0.00	**106**	MMA-37	3.78
25	CA-25	0.00	**53**	CA-53	5.44	**80**	MMA-11	30.00	**107**	MMA-38	30.00
26	CA-26	0.00	**54**	CA-54	9.56	**81**	MMA-12	30.00	**108**	MMA-39	30.00
27	CA-27	8.33	**55**	CA-55	5.11	**82**	MMA-13	30.00	**109**	MMA-40	5.78
28	CA-28	0.00									

Son yıllarda bakırlı preparatlar bakteriyel hastalık etmenlerine üzerinde beklenilen sonucu vermemektedir (Shen ve ark., 2013). Bakırlı preparatlar gibi kontak etkili pestisitler, kanserle ve dormant sürgünlerdeki bakteri popülasyonuna etki etmemektedirler (Kennelly ve ark., 2007). Bu gibi sebeplerden dolayı bakırlı preparatlara karşı alternatifler aranmaktadır. Bu alternatifler içerisinde; sistemik kazanılmış dayanıklılığı (SAR) tetikleyen acibenzolar-S-methly ve bakteriyel hastalıkların kontrolü için bitki düzünleyici olarak kullanılan prohexadione kalsiyum yer almaktadır. Bunun yanı sıra bazı antimiktobiyal peptidler, terpenler ve kitinaz gibi ürünlerin *Xaj* üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan arazi denemeleri devam etmektedir (Cameron ve Sarojini, 2014).

Hastalık etmeninin biyolojik mücadelesine yönelik yapılan bir çalışmada, 35 adet antagonist bakteri izolatının patojen üzerine olan etkisi *in vitro* koşullarda değerlendirilmiş ve 18 adet izolatın 3 mm ve 13 mm arasında değişen değerlerde engelleme zonu oluşturarak patojenin gelişimini baskıladığı belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada da 43 adet antagonist bakteri izolatının *in vitro* koşullarda 3.44-27.00 mm arasında engelleme alanı oluşturarak *Xaj*'in gelişimini baskıladığı belirlenmiştir. Çalışmada antagonist bakteri izolatlarının yaklaşık %60'ının hastalık etmeninin gelişimini %41 ile %77 oranında azalttığı belirlenmiştir (Özaktan ve ark., 2012).

Kimyasal mücadelenin bakırlı ve bazı fungisitlerle sınırlı olduğu bakteriyel hastalıklara karşı mücadelede antagonistlerin kullanımı alternatif yöntemleri oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmada önceki çalışmalarla paralellik göstererek ceviz bakteriyel yanıklık hastalık etmenine karşı biyolojik mücadelede yararlı bakterilerin kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

4. Sonuç

Dünya da olduğu gibi ülkemizde de ekonomik öneme sahip olan ceviz de bakteriyel yanıklığa sebep olan *Xaj* önemli kalite ve kantite kayıplarına sebep olmaktadır. Hastalık etmeni ile mücadele de kültürel önlemler dışında önerilen bakırlı preparat kullanımının istenilen etkinin altında kalması biyolojik mücadele gibi alternatif yöntemlerin araştırılmasını teşvik etmiştir. Son yıllarda birçok patojen bakteriyel hastalık etmeni ile mücadelede antagonist bakteri kullanımı yaygın hale gelmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmamızda elde edilen sonuçlar, hastalık etmeni ile mücadelede antagonist bakteri kullanımının ümit vaat ettiğini göstermiştir.

Çalışma kapsamında Kütahya iline bağlı Domaniç ilçesinde ceviz bahçelerine surveyler yapılmış olup hastalıklı ve sağlıklı ceviz yapraklarından izolasyonlar yapılmıştır. Hastalıklı yapraklardan izole edilen izolatların patojenitesi yapılarak re-izolatlar elde edilmiştir. Re-izolatlara KOH ve LOPAT, oksidatif-fermantatif, nişasta hidrolizasyonu ile tanı testleri yapılarak ayrıca Tween B ortamında koloni gelişimine bakılarak izolatlar *Xaj* olarak tanılanmıştır.

Sağlıklı örneklerden elde edilen izolatlar tütün bitkisinde HR testine tabi tutulmuş ve test sonucunda 69 adet izolatın patojen olmadığına karar verilmiştir. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji laboratuvarında daha önce yapılan ve çeşitli patojenlere karşı etkili sonuçlar veren 40 adet aday antagonist bakteri izolatı da ceviz bakteriyel yanıklık etmeni *Xaj'* e karşı denenmek üzere gençleştirilmiştir.

Toplamda 109 adet aday antagonist izolatın *in vitro*da *Xaj'e* karşı etkinliğinin belirlenmesi için ikili kültür denemesi kurulmuştur. Petri kabında aday antagonistlerin patojen gelişimini baskılaması sonucunda oluşan engelleme alanları ölçülmüştür. 37 adet antagonistin patojen *Xaj*'in gelişimini tamamen baskıladığı, 43 adet antagonist izolatın ise 3.44-27.00 mm çapında engelleme alanı oluşturduğu ve geriye kalan 29 adet aday antagonistin patojen üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Bakteriyel hastalıklarla mücadelede kimyasal kullanımının olmaması ve antibiyotik kullanımının ülkemizde yasak olmasından dolayı, bakteriyel hastalıklarla mücadelede alternatif yöntemlerin araştırılmasını gerekli kılmıştır. Bu amaçla yapılan tez çalışmasında bakteriyel yanıklığa karşı mücadelede aday antagonistlerin *in vitro'* da patojenin gelişimini tamamen engelleyecek kadar etkili sonuçlar verdiğini ve antagonistlerin ümit vaat eden mücadele yöntemi olabileceğini göstermiştir. Etkili bulunan bu antagonistlerin *in vivo* da etkileri araştırılarak antagonist izolatların türleri belirlenmelidir.

Teşekkür

Yüksek Lisans çalışmasında ve yazımında yardımlarından dolayı Araş.Gör. Dr. Cansu ÖKSEL'e teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

Anonim (2017 a). Ceviz Hakkında. http://ceviz.ksu.edu.tr.(erişim tarihi,10.03.2017)

Anonim (2017 b). Ceviz Bakteriyel Yanıklığı. https://bku.tarim.gov.tr/Zararlı/KayakDetay/808 .(erişim tarihi, 16.03.2017)

Bozkurt, A., Soylu, S. (2019). Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter'* e karşı epifit ve endofit bakteri izolatlarının antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty. 16(3):348-361.

Cameron, A., and Sarojini, V. (2014). *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*: Chemical control, resistance mechanisms and possible alternatives. Plant Pathol. 63:1-11.

Çetinkaya-Yıldız, R. (2007). *Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis)' nin tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakterler ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması*. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı

FAO (2021). www.fao.org. Dünyada 2019 Yılındaki Ceviz Üretimi.(erişim tarihi,01.02.2021)

Horuz, S. (2014). *Karpuzda bakteriyel meyve lekesi hastalığı etmeni Acidovorax citrulli'nin tanısı, moleküler karakterizasyonu ve bakteriyel antagonistlerle biyolojik mücadele*. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, sayfa 117.

Kennelly, M. M., Cazorla, F. M., De Vicente, A., Ramos, C., and Sundin, G. W. 2007. Pseudomonas syringae diseases of fruit trees: Progress toward understanding and control. Plant Dis. 91:4-17.

Klement, Z., Mavridis, A., Rudolph, K., Vidaver, A. (1990). Inoculation of plant tissue. In:Methods in Phytobacteriology. Edts:Klement, Z., Rudolph, K., and Sands, D. C., 99

Krishnamurthy, K., Gnanamanichkam, S. S. (1998). Biological control of rice blast by *Pseudomonas flourescens* strain Pf-14: evaluation of a marker gene and formulations. Biological Control. 13:158-165.

Kurt S, Soylu E M, Soylu S (2003). First report of downy leaf spot of walnuts caused by *Microstroma juglandis* in Turkey. Plant Pathology, 52:409.

Lelliot, R.A., Sted, D.E. (1987). Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England. 216 pp.

McGuire, R. G., Jones, J. B., Sasser, M. (1986). Tween media for semiselective isolation of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from soil and plant material. Plant Disease 70:887-891.

Mirik, M. (2005). *Biberde bakteriyel leke etmeni Xanthomonas axonopodis pv. vesicatoria'nın tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanakları.* (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Öksel C, Mirik M (2015). Zeytin dal kanseri etmeni *Pseudomonas savastanoi* pv *savastanoi*'ye karşı *in vitro* koşullarda farklı bitkilerin uçucu yağlarının etkisi. Bitki Koruma Bülteni 55: 265-275

Özaktan H, Uslu A, Erdal M, Akköprü A (2007). Determination of bacterial diseases on peach in Aegean and on walnut Western Anatolian Regions of Turkey. Diagnostic and Monitoring of Bacterial Disease of Stone Fruits and Nuts. Joined meeting of WG 1 and 2 of COAST Action 873, Angers, France:23.

Özaktan H, Erdal M, Akkopru, A, Aslan E. (2012).Biological control of bacterial blight of walnut by antagonistic bacteria**.** Journal of Plant Pathology, 94: 54-56.

Sands D. C. (1990), Physiologial criteria-determinative tests. Methods in phytobacteriaology, 133-143.

Schaad, N. W., Jones, J. B. and Chun, W. (2001). Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria.350 pp

Shen, Y. M., Huang, T. C., Chao, C. H., Liu, H. L. (2013). First report of bacterial spot caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* on Japanese plum in Taiwan. Plant Dis. 97:835.

Tezcan H (2005). Bazı önemli ceviz hastalıkları ve bunlara karşı bir entegre mücadele (IPM) Yaklaşımı. Bahçe Dergisi, 34:187-192.

Umarusman, M. A, Aysan, Y., Özgüven, M. (2019). Farklı bitki ekstraktlarının bezelye bakteriyel yaprak yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) antibakteriyel etkilerinin araştırılması. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty. 16(3): 297-314.

Van Der Zwet, T. (1986). Identification, symptomatology, and epidemiology of fire blight on Le Conte pear in the Nile Delta of Egypt. Plant Dis., 72:230-234.

Vauterin, L., Rademaker, J., and Swings, J. (2000). Synopsis on the taxonomy of the genus *Xanthomonas*. Phytopathology 90:677-682.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül /September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 08/03/21
Kabul/Accepted: 29/04/21
DOI: 10.33462/jotaf.893249

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

The Effects of Feeding Frequencıes on The Growth Performance and Life Rate in Electric Yellow Fish Fry (*Labidochromıs caeruleus*)

Sarı Prenses Ciklet Yavrularında (*Labidochromis caeruleus*), Öğün Sayısının Büyüme Performansı ve Yaşama Gücü Üzerine Etkileri

Cemal POLAT[1*], Çetin YAĞCILAR[2]

Abstract

Ornamental fish farming has become an important industry in the world. Ornamental fish are called living gems because of their color, shape and behavior. Modern ornamental fish production requires a nutritionally balanced, cost-effective and sustainable feeding process. Among the operating costs in aquaculture, the cost of feed has a ratio varying between 40% and 60% among the total other expenses. In this study, it was aimed to investigate the effects of meal number on growth performance and survival rate in Electric yellow cichlid fries (*Labidochromis caeruleus*). 60 Electric yellow cichlid fries were stocked in 12 aquariums of 33 * 35 * 40 cm size established in Tekirdag Namık Kemal University Technical Sciences Vocational School Fisheries Laboratory. The study was carried out in 3 repetitions: 1 meal per day, 3 meals, 5 meals and 1 meal every other day, up to 5% of body weight, by applying 4 different meals to fish. During the study, weight and height measurements were made every 30 days, and the data obtained were evaluated at the end of the study and the effect of growth on the number of meals was investigated. At the end of the trial, body weights were measured as 3.696 ± 1.517 g, 4.757 ± 1.898 g, 3.786 ± 1.539 g and 3.380 ± 1.318 g, and total heights were 5.726 ± 0.675 cm, 6.300 ± 0.530 cm, 5.640 ± 0.776 cm and 4.562 ± 1.952 cm, respectively. No statistical difference was found between the number of meals administered in the study in terms of average body weight gain and specific growth rate. However, according to the results obtained in the length of the fish, a statistical difference was found between feeding 1 meal every other day and the number of other meals. As a result, considering the fish health and feed cost, 3 times daily feeding frequency of the fish was considered sufficient.

Keywords: *Labidochromis caeruleus*, Feeding frequency, Growth performance, Survival rate, Body weight gain

1*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cemal POLAT, Tekirdağ Namık Kemal University Agriculture Faculty, Tekirdağ, TURKEY. E-mail: cpolat@nku.edu.tr OrcID: https://orcid.org/0000-0002-7419-2864

[2] Çetin YAĞCILAR, Tekirdağ Namık Kemal University Veterinary Medicine, Tekirdağ and TURKEY. E-mail: cyagcilar@nku.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-4683-820X

Atıf/Citation: Cemal POLAT, Çetin YAĞCILAR. The Effects Of Feeding Frequencıes On The Growth Performance And Lıfe Rate In Electric Yellow Fish Fry (*Labıdochromıs caeruleus*). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 578-585.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Süs balığı yetiştiriciliği Dünya' da önemli bir endüstri haline gelmiştir. Süs balıkları, renkleri, şekilleri ve davranış özellikleri nedeniyle yaşayan mücevherler olarak adlandırılmaktadır. Modern süs balığı üretimi, besin yönünden dengeli, uygun maliyetli ve sürdürülebilir bir besleme sürecine gereksinim duymaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde işletme giderleri arasında yem maliyeti toplam diğer giderler arasında % 40 ila % 60 oranında değişen bir orana sahiptirBu çalışmada, sarı prenses ciklet yavrularında (*Labidochromis caeruleus*), öğün sayısının büyüme performansı ve yaşama oranı üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. 60 adet sarı prenses çiklet yavrusu Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Laboratuvarında kurulan 12 adet 33*35*40 cm büyüklüğündeki akvaryumlara stoklanmıştır. Çalışma balıklara 4 farklı öğün sayısı uygulanarak, vücut ağırlığının % 5' i kadar günde 1 öğün, 3 öğün, 5 öğün ve gün aşırı 1 öğün olmak üzere 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma boyunca 30 günde bir ağırlık tartımları ve boy ölçümleri yapılmış olup elde edilen veriler araştırma sonunda değerlendirilerek büyümenin öğün sayısına etkisi araştırılmıştır. Deneme sonunda vücut ağırlıkları sırasıyla 3.696 ± 1.517 g, 4.757 ± 1.898 g, 3.786 ± 1.539 g ve 3.380 ± 1.318 g, toplam boyları ise 5.726 ± 0.675 cm, 6.300 ± 0.530 cm, 5.640 ± 0.776 cm ve 4.562 ± 1.952 cm olarak ölçülmüştür. Çalışmada uygulanan öğün sayıları arasında ortalama canlı ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı açısından istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Ancak balıkların boy uzunluklarında elde edilen sonuçlara göre gün aşırı 1 öğün beslenme ile diğer öğün sayıları arasında istatiksel olarak fark elde edilmiştir. Sonuç olarak balık sağlığı ve yem maliyeti dikkate alındığında balıkların günlük besleme sıklığının 3 defa yapılması yeterli olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Labidochromis caeruleus*, Öğün sayısı, Büyüme performansı, Yaşama oranı, Canlı ağırlık artışı

1. Introduction

Ornamental fish farming has become an important industry in the world. Ornamental fish are called living gems because of their colour, shape, and behaviour. The worldwide trade of ornamental fish, wholesale, retail sales of fresh and saltwater fish, and all materials used in the industry, is estimated at approximately US $ 15 - 30 billion per year. Asian countries, which hold approximately 55% of the global market supply, also make a significant contribution to their national economies through this sector (Globefish, 2021).

Countries with tropical climates, which are not economically powerful, are among the countries that generate a great source of income through marketing aquarium fish to foreign countries by catching or breeding. Indonesia, India, and Singapore are the leading countries with the most employees in this sector. It is estimated that around one million people earn their living in the aquarium sector in developing world countries (Hekimoğlu, 2006).

The Cichlidae family constitutes the largest family of ornamental fish. Altınköprü (1981) reported that the Cichlidae family had 100 genera and more than 1.000 species also, Riehl and Baensch (1985), 160 genera, and 900 species. Its natural habitats are the northwestern parts of Africa and the southern regions, Cuba, Tahiti and Argentina, South India and Sri Lanka (Ceylon) in Asia, and the regions extending from South Texas to Central America in the south and central America. There are 700 species in Africa, more than 200 species in America, and 3 species in Asia (Riehl and Baensch, 1985). The natural habitat of electric yellow cichlid fish is Lake Malawi, the 9th largest lake in the world and the last of the valley lakes, located in Africa. The oxygen level is very low after about 200 metres (Grzimek, 1972). Sir John Kirk conducted the first study carried out on Lake Malawi in the 19th century, and later Albert Gunther and Boulenger identified many Cichlid species with their studies. Cichlids have a single dorsal fin, the anterior part of the dorsal fin is hard-beamed, and the posterior part is soft-beam. Its sidelines are usually in two parts. They are 5-30 cm in height and can reach a maximum length of 80 cm. In many parts of the world, some species are grown as edible fish to meet the animal protein needs of people (Riehl and Baensch, 1985).

Electric yellow cichlids (*Labidochromis caeruleus*) fish are known as a peaceful species in aquariums. Adults can reach 10-12 cm in length. Electric Yellow Cichlids can live in the same aquarium with all cichlid species. These fish like to live on shallow cliffs. Therefore, there should be objects in the aquariums where the fish can hide. Since electric yellow cichlids damage the plants in their aquariums, the plants are not desired in the environment (Alpbaz, 2000).Labidochromis caeruleus, which is the subject of the research, is known as electric yellow cichlid among aquarists, as Blue Streak Hap (Kullander, 1997) abroad, and as electric yellow cichlid on various websites.

Since the species belonging to the cichlid family live in various habitats, they are fully compatible with environmental conditions and ecological characteristics and compared to other fish families. A water temperature between 22-28°C is the most suitable value for their life. They generally prefer live baits (*Tubifex, Enchytraeus albidus, Daphnia sp., Cyclops sp., Artemia salina nauplii*) (Altınköprü., 1981; Riehl and Baensch., 1985). At the same time, in closed system cultivation, it is necessary to use carotenoid-added feeds, which act as antioxidants in biological systems and as precursors of vitamin A in the endocrine and immune system, in order for the fish to have healthy and vibrant colors (Şamlı et al., 2005).

Approximate operating costs in animal production 70 % of feed costs (Şamlı and Onarbay, 2011). Similarly, total feed in fish farms has a high value compared to other operating costs. This allows businesses to keep feed costs as low as possible and reduce the cost of fish. Feeding frequency plays an important role in growth, survival rate, water quality and treatment, especially in fish (Davies et al., 2006). Various researches have been made according to different fish species and different numbers in their research. Mabroke et al. (2021), tilapia fish fry 1, 2, 3, 4 and 5 times a day with 32% protein feed, Öz et al. (2017) *Cyprinus carpio* fry, 2, 3 and 5 times a day with 47.5% protein feed for 60 days; Kasiri et al (2011), *Pterophyllum skalare* fry with a weight of 0.87 grams per day 1, 2, 4 and every other day; Davies et al. (2006) in *Heterobranchus longifilis* fry with feed with 40 % protein once a day, once every other day and twice a day and Sultana et al. (2001) in their studies; *Cyprinus carpio* fry ranging from 5.61 g to 7.81 g with feed with 33% protein, which they feed at a rate of 5% of their daily body weight, 2, 3, 4, 5 and 6 times a day.

2. Materials and Methods

2.1. Trial plan and type of fish

The research was carried out in the Vocational School of Technical Sciences aquaculture laboratory of Tekirdağ Namık Kemal University (*Figure 1*).

Figure 1. Trial Plan

The experimental fish were obtained from a producer engaged in commercial aquarium fish farming in Istanbul. 60 Electric yellow cichlid fries (*Labidochromis caeruleus*) the healthiness of which were ensured, were used in the study. Before starting our experiment, the fish were subjected to a 7 day adaptation and 10 day feed acclimatisation process. In the research to be conducted with baby electric yellow cichlid fish, 12 aquariums made of glass with dimensions of 100 * 33 * 34 cm were used. Aquariums were provided with both biological filtration and aeration using central filtration. In this research, rested chlorine-free tap water was used in aquariums with a water height of 30 cm. During the research, the temperature of the water was kept constant at 24 ± 2°C through thermostat heaters.

Electric yellow fish are timid species. They want environments where they can be kept in the aquarium. This needs to be placed in the aquarium with materials that can be hidden such as rocks. For this purpose, one PVC pipe is placed in aquariums. Bottom material such as sand and gravel is not placed at the bottom of the aquarium. Thus, bottom cleaning could be carried out more quickly and without stressing the fish. In order to remove the chlorine used by the municipality to disinfect the water for public health, the aquariums were rested for 24 hours after they were filled. The experiment was conducted with 3 replications, using 4 different number of meals: 1 meal a day, 3 meals a day, 5 meals a day, and 1 meal every other day. Feeding of the fish took place at 9 am for 1 meal per day; at 9 am, 1 pm, and 5 pm for 3 meals per day; at 9 am, 11 am, 1 pm, 3 pm, and 5 pm for 5 meals per day; and at 9 am for 1 meal per day.

Among the water quality values measured during the experiment, salinity was recorded as 289.6 ppm, TDS 481.9 ppm, conductivity 628.3 µS, aquarium temperature 26.3 °C, ambient temperature 27.4 °C, ambient humidity 69.3, pH 8.0 and Oxygen 10.0.

2.2. Trial feed used

Commercial Dainichi Veggie Fx brand herbal 1 mm size sinking feed was used in feeding fish, and the nutritional content of the feed used is given in *Table 1*. The fish were fed to 5% of their live weight. The bottom was cleaned twice a week, equal to one-third of the aquariums, and the water equivalent in temperature to water in the aquariums was added to the aquariums to remove the feed residues and faeces accumulated in the aquariums. The weight measurements of the fish used in the experiment were made every 20 days with an AND brand digital scale with an accuracy of 0.01 g (*Figure 2*). Length measurements were made with a plastic ruler. When weighing, the fish were placed in a container (with the tare determined) with water from the aquarium of the given fish, and they were then weighed one by one. On the weighing days, the fish were not fed, and the weighing days were not included in the experiment period.

Table 1. Nutritional content of the feed used

Crude protein	Crude oil	Crude fiber	Moisture	Ash
39	5	4	9	12

In order to evaluate the data obtained at the end of the experiment;
X_0= Average body weight per trial (g)
X_1= Average body weight at the end of the trial (g)
Y_0= Average height per trial (cm)
Y_1= Average height at the end of the trial (cm)
d= Trial period (days)
Average live weight gain (g) = X_1-X_0
Average height increase (cm) = Y_1-Y_0
Proportional growth rate (weight) (%) = (X_1-X_0) / X_0 × 100
Proportional growth rate (height) (%) = (Y_1-Y_0) / Y_0 × 100
Daily absolute height increase (cm) = (X_1-X_0) / d
Daily absolute body weight gain (g) = (Y_1-Y_0) / d
Specific growth rate (%day^{-1}) = (($\ln X_1$-$\ln X_0$) / d) × 100 (Çelikkale, 1994) formulas are used.

Figure 2. Individual weight measurement

2.3. Statistical analysis

IBM SPSS Statistics 25.0 package program was used for the statistical analysis of the data obtained from the analyzes, and analysis of variance (One-Way Anova) was applied in the multi-group comparisons and the differences between the averages were determined by the Tukey Test ($p<0.05$).

3. Results and Discussion

3.1. Body weight and height increase

At the end of the research, the body weights obtained with the number of meals 1, 3, 5 and 1 every other day applied to fish fed with 5% of their body weight were 3.696 ± 1.517 g, 4.757 ± 1.898 g, 3.786 ± 1.539 g and 3.380 ± 1.318 g, respectively (*Table 2*). Likewise, at the end of the trial, the total heights obtained with the number of meals 1, 3, 5 and 1 every other day were measured as 5.726 ± 0.675 cm, 6.300 ± 0.530 cm, 5.640 ± 0.776 cm and 4.562 ± 1.952 cm, respectively (*Table 3*). The daily absolute height increase (cm), daily absolute body weight increase (g) and the specific growth rate (% day^{-1}) are shown in *Table 4* is also given.

In our study, although there was a numerical difference in weight measurements in yellow princess fish fed as 1, 3, 5 meals a day and 1 meal every other day, there was no statistically significant difference ($p <0.05$). However, as seen in *Table 4*, the specific growth rate is high in fish fed 3 meals a day, followed by fish fed 5 and 1 meals a day, respectively, and finally fish fed 1 meal every other day. When we look at the height increase rates of the fish in *Table 3*, it was observed that the fish in the groups fed 1, 3 and 5 meals a day were statistically different from the fish fed with 1 meal every other day.

Table 2. Average live weight of fish at the beginning and end of trial, average weight increase and proportional growth rate

Groups	X_0 (g) $\bar{x}_0 \pm S\bar{x}$	X_1 (g) $\bar{x}_1 \pm S\bar{x}$	Average live weight gain (g)	Proportional growth rate (%)
1 meal a day	1.516±0.486	3.696±1.517[a]	2.180	143.799
3 meal a day	1.536±0.462	4.757±1.898[a]	3.221	209.700
5 meal a day	1.476±0.518	3.786±1.539[a]	2.310	156.504
1 meal every other day	1.517±0.538	3.380±1.318[a]	1.863	122.808

Means within rows with different superscripts differ from each other ($p < 0.05$)

Table 3. Average length of fish at the beginning and end of trial, average height increase and proportional growth rate

Groups	Y_0 (cm) $y_0 \pm S\bar{x}$	Y_1 (cm) $y_1 \pm S\bar{x}$	Average height increase (cm)	Proportional growth rate (%)
1 meal a day	4.460±0.488	5.726±0.675[a]	1.266	28.385
3 meal a day	4.586±0.394	6.300±0.530[a]	1.714	37.374
5 meal a day	4.500±0.539	5.640±0.776[a]	1.140	25.333
1 meal every other day	4.520±0.534	4.562±1.952[b]	0.042	0.929

Means within rows with different superscripts differ from each other ($p < 0.05$)

Table 4. Daily absolute height, body weight gain and specific growth rates obtained at the end of the trial

Groups	Daily absolute height increase (cm)	Daily absolute body weight gain (g)	Specific growth rate (% day^{-1})
1 meal a day	0.021	0.036	1.485
3 meal a day	0.028	0.053	1.883
5 meal a day	0.019	0.038	1.570
1 meal every other day	0.0007	0.031	1.335

The results obtained are evaluated with the studies in the literature; Mabroke et al. (2021), a total of 300 tilapia fry with an average of 7.9 g ± 0.03 fed with a feed with 32% protein per day for 60 days 1, 2, 3, 4 and 5 assumed. No statistical difference ($p > 0.05$) was found between the groups determined in the study in terms of growth parameters. In a different studies, Öz et al. (2017) fed 18% of koi (*Cyprinus carpio*) fry with an average weight of 0.015 ± 0.001 g with commercial aquarium fish food for 60 days 2, 3 and 5 times a day. As a result of the statistical analysis, they reported that the difference between the groups was insignificant in terms of average live weight gain, feed utilization rates, specific growth rates and survival rates in carp juveniles. Although there was no statistical difference ($p > 0.05$) in the data obtained at the end of the experiment, the growth values increased as the frequency of feeding increased. When the data obtained at the end of the trial are examined, it is similar to our study in terms of body weight gain.

As a different result according to the data obtained in our study; Kasiri et al. (2011), four groups of angel fish juveniles (0.87 ± 0.01 g; 3.98 ± 0.08 mm) were fed either four meals per day (F1), two meals per day (F2), one meal per day (F3) and every other day (F4) for 90 days. Final live weight and specific growth rate (SGR) values of group F1 and F2 were significantly higher than those of the other groups ($P < 0.05$). Also, Davies et al. (2006) Heterobranchus longiphilis fry were fed once a day, twice a day and once every two days with the feed with a crude protein content of 40% for 56 days. Sultana et al. (2001) *Cyprinus carpio* juveniles fed 2, 3, 4, 5 and 6 times

a day for 45 days with a feed with 33% crude protein. At the end of the feeding trial, significantly different and higher ($p<0.05$) growth response was observed in treatment C having a feeding frequencies of 4 times a day. Although there was no statistical difference in terms of weight gain in yellow princess fish, a statistical difference was obtained as an increase in length growth in the frequency of feeding in fish.

3.2. Survival rate

Kasiri et al (2011), There was no significant difference ($P > 0.05$) in survival rate among the treatments. Davies et al (2006), survival was not significantly different among treatments except for fingerlings fed once every other day. Considering the mortality rates in fish with different meal numbers tested in our study, there was no death in the groups fed 1, 3 and 5 meals a day. However, death was observed in the group that received one meal every other day. Considering the distribution of the number of deaths in this group, a total of 7 fish deaths were detected, 2 in the second measurement, 4 in the third measurement and 1 in the last measurement (*Figure 3*).

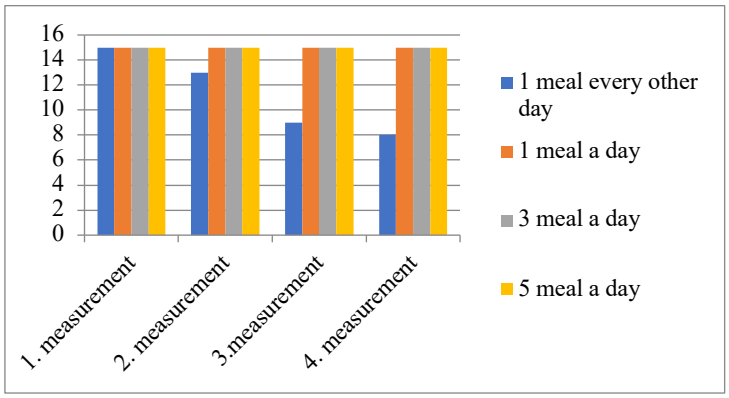


Figure 2. Survival rate

4. Conclusions

The frequency of feeding varies according to the workforce, size, production system of an enterprise, the type and size of the fish being grown. Feeding frequency has a direct effect on the growth and feed conversion rate of fish. However, determining the density of feeding in ideal conditions also reduces the cost of feed. As a result of our research; no statistical difference was found between the number of meals administered in the study in terms of average body weight gain and specific growth rate. However, according to the results obtained in the length of the fish, a statistical difference was found between feeding 1 meal every other day and the number of other meals. As a result, considering the fish health and feed cost, 3 times daily feeding frequency of the fish was considered sufficient.

References

Alpbaz, A., (2000). Akvaryum Balıkları Ansiklopedisi Mas matbaası, İzmir

Altınköprü, T. (1981). Akvaryum Balıklarının Üretilmesi. Altınköprü yayınları. Nur Ofset İstanbul.

Çelikkale, M. S. (1994). İç su balıkları yetiştiriciliği. K.T.Ü. Sür. Den. Bil. Fak. Cilt I, K.T.Ü. Basmevi, Trabzon, 419s.

Davies, O. A., Inko Tariah, M. B. and Amachree, D. (2006). Growth response and survival of *Heterobranchus longifilis* fingerlings fed at different feeding frequencies. African Journal of Biotechnology Vol. 5 (9), pp. 778-780.

Globefish - Information and Analysis on World Fish Trade (2021). Erişim adresi: http://www.fao.org/in-action/globefish/news-events/details-news/en/c/1373555

Grzimek, B. (1972). Animal Life Encyclopedia. Van Nostrand Reinhold company, p. 136, vol:5 New York.

Hekimoğlu, M. (2006). Akvaryum Sektörünün Dünyadaki ve Türkiye'deki Genel Durumu.. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23 (2) , 237-241. Retrieved from http://www.egejfas.org/tr/pub/issue/5015/67978

Kasiri, M., Farahi, A., Sudagar, M. (2011). Besleme Sıklığının Melek Balığı, *Pterophyllum scalare* (Perciformes: *Cichlidae*) Büyüme Performansı ve Yaşama Oranı Üzerindeki Etkileri. Veteriner Araştırma Forumu , 2 (2), 97-102.

Kullander, Sven O. (1997). The Cichlids of Surinam: Teleostei, Labroidei, Brill Academic Publishers, pp.256, ISBN: 13978-9004090774

Mabroke, R. S., Zidan A. E. F.A, Tahoun A., Mola H. R. A., Abo-State H., Suloma A. (2021). Feeding frequency affect feed utilization of tilapia under biofloc system condition during nursery phase. Aquaculture Reports 19 (2021) 100625. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100625

Öz, M, Aral, O, Şahin, D, Erik, H. (2017). Farklı Besleme Sıklıklarının Koi Carp (*Cyprinus Carpio*) Fry 'nın Yetiştirilmesi Üzerine Etkileri. Su Bilimleri ve Mühendisliği, 32 (4), 208-213. DOI: 10.18864 / TJAS201719

Riehl, R., Baensch, H.A. (1985). Aquarium atlas, J.Fac.Mar.Sci. technology.Tokai university Tokaidai Kıyo, no:24 pp.133-140.

Sultana, S.M., Das, M., Chacraborti, S.C. (2001). Effect of feeding frequency on the growth of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fry. Bangladesh Journal of Fisheries Research, 5(2), 149-154

Şamlı, H , Onarbay, O. (2011). Farklı Depolama Şartlarının Bazı Protein Kaynaklı Yem Hammaddelerinin Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi . Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi , 8 (3) , 40-45 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19041/201391

Şamlı, H.E., Şenköylü, N., Akyürek, H., Ağma, A. (2005). Doğal Pigmentlerin Yaşlı Tavuklarda Yumurta Sarısına Etkileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi , 2 (3) , 281-286 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19059/201595

.

jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2021, 18(3)
Başvuru/Received: 17/05/21
Kabul/Accepted: 27/08/21
DOI: 10.33462/jotaf.938556

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Orta Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanlar İçin Keten Bir Şans Mı? Kârlılık Analizi ve Yapılabilirliği

Is Flax a Chance for Rural Areas in the Middle Black Sea Region? Profitability Analysis and Feasibility

Esin HAZNECİ[1*], Şahane Funda ARSLANOĞLU[2]

Öz

Bu çalışma liflik keten yetiştiriciliğinin Orta Karadeniz Bölgesinde kârlı bir üretim faaliyeti olarak yapılabilirliğini ve kışlık buğdaya alternatif bir ürün olup olamayacağını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın ana materyalini 2019-2020 üretim döneminde Sinop ve Samsun illerinde 3 farklı lokasyonda yapılan deneme alanlarında çiftçi koşullarında yetiştirilen liflik keten üretim verileri oluşturmuştur. Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyü, Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyü ve Sinop ili Ayancık ilçesi Söküçayırı köyü lokasyonları için keten üretim maliyetleri ve karlılığı ayrı ayrı hesaplanmış, daha sonra Samsun ve Sinop illeri ortalama buğday üretim maliyeti ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada incelenen lokasyonların tamamında masraflar içerisinde en büyük payı değişken masrafların oluşturduğu saptanmıştır. Sinop ili Ayancık ilçesi Söküçayırı köyünde toplam masrafların yaklaşık %89'u, Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyünde %83'ü ve Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyünde %81'i değişken masraflardan oluşmaktadır. Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyü ve Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyü lokasyonlarında keten üretim faaliyetinde bulunan işletmeler üretim masraflarının tamamını karşılayabiliyorken, Sinop ili Ayancık ilçesi Söküçayırı köyü lokasyonunda faaliyet gösteren işletmelerin üretimin değişken masraflarını dahi karşılayamadıkları gözlenmiştir. Araştırma sonucunda, kısmen veya tamamen mekanizasyonla yapılan liflik keten üretiminin bölgede yetiştirilen buğdaya göre daha kârlı olduğu tespit edilmiştir. İşletmeler tüm masraflarını karşıladıktan sonra Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyünde 715.3 TL da^{-1}, Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyünde 533.2 TL da^{-1} net kâr elde etmişlerdir. Tamamen el işçiliği ile üretilen keten lifinden ise zarar edildiği saptanmıştır. Araştırma sonucunda, liflik keten yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kârlılık için tüm işlemlerin mekanizasyonla yapılmasının yanı sıra, bakım ve kültürel işlemlere gerekli özenin gösterilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Liflik keten, Buğday, Üretim maliyetleri, Kârlılık analizi, Sinop, Samsun, Türkiye

1*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Esin HAZNECİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 55139, Atakum/Samsun, Türkiye. E-mail: esin.hazneci@omu.edu.tr OrcID: 0000-0002-8695-028X
[2] Şahane Funda Arslanoğlu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 55139, Atakum/Samsun, Türkiye. E-mail: farslanoglu@omu.edu.tr OrcID:0000-0001-5773-2665.
Atıf/Citation: Hazneci E., Arslanaoğlu Ş. F. Orta Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanlar İçin Keten Bir Şans Mı? Kârlılık Analizi ve Yapılabilirliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 18 (3), 586-598.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

This study was carried out to reveal the feasibility of fiber flax cultivation as a profitable production activity in the Middle Black Sea Region and whether it can be an alternative product to winter wheat. The main materials of the research were the production data of fiber flax grown under farmer conditions in the trial areas in 3 locations in Sinop and Samsun provinces during the 2019-2020 production period. Flax production costs and profitability were calculated separately for the locations of Elifli village in Bafra district of Samsun province, Taşmanlı village of Sinop province central district and Söküçayırı village of Sinop province Ayancık district, and then compared with the average wheat production cost of Samsun and Sinop provinces. It was determined that variable costs constitute the largest share of the costs in all of the locations examined in the study. Approximately 89% of the total expenses in Söküçayırı village in Ayancık district of Sinop province, 83% in Taşmanlı village in the central district of Sinop province and 81% in Elifli village of Bafra district in Samsun province consist of variable expenses. It was also observed that the enterprises in Sinop province central district Taşmanlı village and Samsun province Bafra district Elifli village could cover all the production costs, while the enterprises in Söküçayırı village of Ayancık district in Sinop province cannot cover even the variable costs of production. As a result of the research, it was determined that fiber flax production, which is partially or entirely mechanized, is more profitable than the wheat grown in the region. After covering all their expenses, the enterprises made a net profit of 715.3 TL da^{-1} in the Taşmanlı village of central district in Sinop province and 533.2 TL da^{-1} in the Elifli village of Bafra district in Samsun. It was determined that farmers growing flax fiber by hand made a loss. Therefore, it was suggested that all processes should be done with mechanization for high efficiency, and profitability in fiber flax cultivation, as well as cultural practices should be paid attention.

Key Words: Fiber flax, Wheat, Production costs, Profitability analysis, Sinop, Samsun, Turkey

1. Giriş

Keten bitkisinin, marjinal alanlardan birinci sınıf tarım arazilerine kadar birçok iklim bölgesinde yazlık veya kışlık olarak tarımı yapılabilmektedir. Lif ve tohumlarından yararlanılan ketenin anavatanı Akdeniz havzasıdır. Lifleri ev tekstili, perde, yazlık kıyafetler gibi alanlarda hammadde sağlamanın yanı sıra, tekstilde kullanılamayan lif artıkları değerli kağıt yapımında kullanılmaktadır. Kuruma özelliğine sahip olan tohum yağı, yağlı boya sanayisinin temel hammaddesidir. Yağı alındıktan sonra kalan küspesi gıda takviye edici ürün ve yem amaçlı değerlendirilmektedir (Shuster, 1992). Keten, pamuktan sonra dünyada kullanımı en fazla olan bitkisel lif kaynağı olmasına rağmen, pamuğun ve sentetik lif kaynaklarının kullanım oranının artmasıyla ekim alanı tüm dünyada hızla azalmıştır. Buna rağmen doğal liflere olan ilgi nedeniyle keten üretimi ve keten kumaşı kullanımı varlığını az ya da çok sürdürmüştür (Kiryluk ve Kostecka, 2020). Türkiye'de en fazla üretimi yapılan lif bitkisi pamuktur, ancak pamuk lifi üretimi toplam tüketimi karşılayamamaktadır. Tekstil sektörünün ihtiyaç duyduğu hammaddenin yarıya yakını ithalatla karşılanmaktadır (Aytaç ve ark., 2020). Pamuğun yetiştirilme olanağının bulunmadığı iklim koşullarında ve alanlarda yetiştirilebilecek en önemli lif bitkilerinden birisi ketendir.

Karadeniz Bölgesi sahil kuşağı ve iç geçit bölgelerinde kışlık olarak ekilebilmesi ve münavebe alanlarında da değerlendirilebilmesi bakımından önem arz eden keten bitkisi; uzun, kaliteli ve dayanıklı lifi ile tekstil sanayi için alternatif bir kaynak olma potansiyeline sahiptir (Yılmaz ve Uzun, 2019). Türkiye, dünyada keteni lif amaçlı, kışlık yetiştirebilen nadir ülkelerden biridir. Karadeniz Bölgesi'nde Samsun'dan Şile'ye kadar olan sahil kesimi ile Ege bölgesinde bazı il ve ilçelerde (İzmir-Ödemiş-Tire) kışlık ekilmektedir. Buna rağmen son 20 yıldır gerek keten lifi, gerek tohum ve diğer ürünleri olmak üzere tüm keten mamullerini ithalatla karşılanmakta, farklı 28 üründe keten ve ürünleri ithalatı yapılmaktadır. Lif ihtiyacının %73.3'ünü Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerden, diğer kısmı Çin'den karşılamaktadır. Bu amaçla, 2019 yılında keten lifi/iplik için yaklaşık 35 milyon dolar, tohum için 8 milyon dolar döviz harcanmıştır (Aytaç ve ark., 2020).

Keten ekimi 1964 yılından sonra hızla azalmaya başlamıştır. Sentetik liflerin daha ucuz olması, işlenebilirliğinin kolaylığı, istenilen zamanda ve miktarda elde edilebilir olmaları nedeniyle; keten, kenevir gibi üretimi işçilik gerektiren liflerin kullanımı azalmıştır. Bununla birlikte doğal liflerde kalitenin çevre koşulları ve işleme yöntemlerine göre değişkenlik göstermesi, standart kalitede liflere ulaşmayı zorlaştırmıştır. Ayrıca keten ve kenevire alternatif olabilecek buğday, mısır, şeker pancarı gibi tarım ürünlerinin üretiminin büyük oranda mekanizasyona dayalı olması, keten ve kenevirde işçilik maliyetlerinin yüksekliği, bu bitkilerin kıtık ve kısa liflerini kullanan kağıt fabrikalarının kapatılması da keten tarımının azalmasına neden olmuştur. Fakat keten lifinin kullanım alanındaki yarayışlılığı, lifinin esnekliği, parlaklığı, dayanıklılığı nedeniyle yazlık kumaşlar ve ev tekstilinde önemli bir kaynak olması, Fransa, Belçika, Rusya gibi ülkelerde üretiminin devam etmesine neden olmuştur.

Keten bitkisi etkili kök derinliği 10 cm olan zayıf kök yapısı ile topraktan buğday, arpa gibi bitkilere göre daha az besin maddesi kaldırmaktadır. Dünyada kışlık olarak nadir ekilen ülkelerden birisi Türkiye'dir (Turan, 2000). Herhangi bir hastalık ve zararlıya karşı kışlık ekimlerde pestisit kullanımı yok ya da azdır. Türkiye'de keten tarımının artmamasının en önemli nedeni, hasat- harman mekanizasyonunun olmaması ve liflerin ipe ve tekstile dönüştürülmesi aşamalarında gerekli teknolojinin eksikliğidir. Bu durum günümüzde ketene dayalı tekstil ürünlerinin ve keten ipliğinin ithalatını zorunlu hale getirmiştir.

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, keten üretim yöntemi ve pazarlaması ile ilgili çalışmaların daha çok yurt dışında yapıldığı dikkati çekmektedir (Heller ve ark., 2014; Foulk ve ark., 2011; Bourmaud ve ark., 2010; Smeder ve Liljedahl S., 1996; Foulk, 2002; Akin, 2000; Robinson, 1936; Howard, 1941; Powers, 1936; Rada ve DeLoach, 1942). Bu konu ile ilgili yurt içinde yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır (Arslan ve ark., 2011, Arslanoğlu ve ark., 2017). Keten maliyeti ve ekonomik yönü ile ilgili çalışmalar araştırıldığında doğrudan liflik ketenin maliyeti ile ilgili olarak yalnızca Kuhlman ve Robinson'ın 1938 yılında yaptıkları çalışmaya rastlanmıştır. Son yıllarda konu ile ilgili diğer çalışmalar daha çok kompozitler için yeni düşük maliyetli keten lifi üretimi ve optimizasyonu (Hosseinzadeh ve ark., 2020; Li ve ark., 2020, Megahed ve ark., 2020, Deng ve ark., 2019, Savran ve Aydın, 2018) ve liflerin çeşitli uygulamalar için uygun maliyetli işlenmesi ve atıklarının geri dönüştürülebilmesi ile ilgili olduğu görülmektedir (Xu ve ark., 2017; Kaur ve ark., 2016).

Türkiye'de son yıllarda neredeyse hiç üretimi olmayan liflik keten üretiminin, özellikle keten yetiştiriciliği için uygun ekolojiye sahip Orta Karadeniz Bölgesi'nde faaliyette bulunan üreticiler için gelir getirici bir fırsat olup olmayacağı konusunun araştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle araştırmada, literatürde ülkemizde daha önce hiç çalışılmamış olan liflik keten üretiminin maliyetlerine ve kârlılık analizine odaklanılmış, bu araştırma ile lif amaçlı keten üretiminin, yetiştirilen mevcut ürün karşısında kârlılık durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye'de tarım sektörünün en önemli ve güncel sorunları arasında yüksek ürün maliyetleri, küçük ve parçalı işletme yapısı ve tarım işletmelerinin büyük çoğunluğunda muhasebe kayıtlarının tutulmaması görülmektedir. Muhasebe kayıtlarının tutulmaması nedeniyle işletmelerde maliyetlerin ve gelirlerin tespitinde çoğunlukla anket yoluyla toplanan veriler kullanılmaktadır. Bu verilerin doğru elde edilmesi ve analizi ise uygulanacak politikaların uygun tespit edilmesine ve sahadan veri toplayan teknik elemanların niteliklerine bağlı olmaktadır (Keskin ve ark., 2014). Bu araştırmanın deneme alanlarında yürütülmüş olması ve üreticilerin uygulamalarının bizzat gözlenmesi nedeniyle, verilerin doğruluğu ve güvenilirliği bakımından da çalışma önemli görülmektedir.

Dünya genelinde 240293 hektar alanda liflik keten üretimi gerçekleştirilmekte ve bu alanda 868373 ton keten lifi üretilmektedir *(Şekil 1)*. Toplam üretimin %97'si Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilirken, üretimin geri kalanı Afrika, Amerika ve Asya'da yapılmaktadır *(Şekil 2)* (Anonim, 2020a).

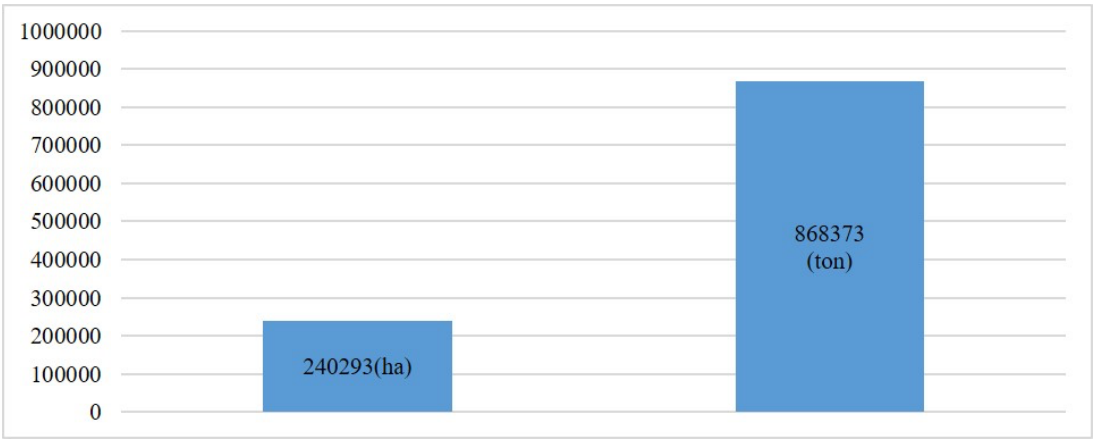


Figure 1. Production/yield quantities of flax fibre and tow in World (Total), 2018
Şekil 1. Dünya toplam keten lifi ve kıtık üretim alanı/verim miktarları, 2018

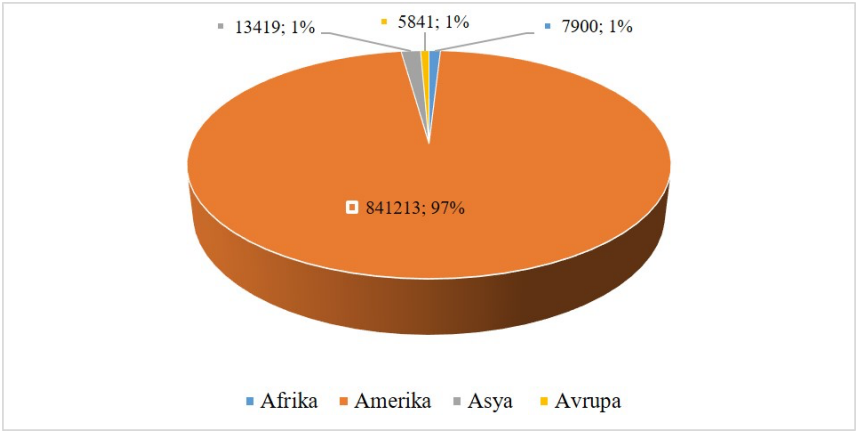


Figure 2. Production share of flax fibre and tow by region, 2018
Şekil 2. Kıtalara göre keten lifi ve lif üretim payı, 2018

Ortalama üretim miktarları 1994-2018 yılları dikkate alındığında, dünya keten lifi üretiminde ilk sırayı yaklaşık 444732 ton ile Fransa, ikinci sırada 219885 tonla Çin ve üçüncü sırada 45211 ton ile Rusya Federasyonu yer almaktadır. Keten lifi üretiminde bu ülkeleri sırasıyla Belarus, Belçika, Hollanda, Birleşik Krallık, Belçika-Lüksemburg, Mısır ve İspanya izlemektedir *(Şekil 3)* (Anonim, 2020a). Şekil 3'de görüldüğü üzere Türkiye bu

sıralama içerisinde bulunmamaktadır. *Tablo 1*'de Türkiye'de 1988-2019 yılları arasında tekstil sektöründe kullanılmak amacıyla üretilen liflik keten üretim verileri görülmektedir.

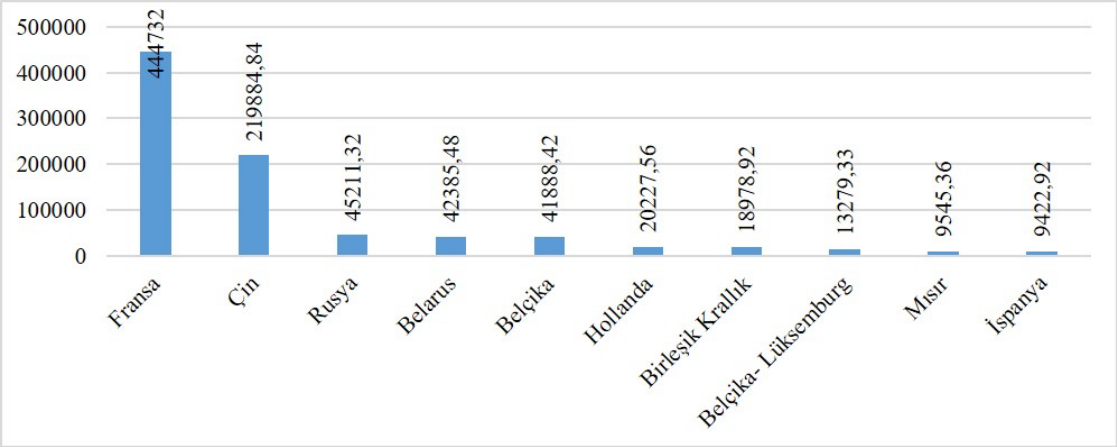


Figure 3. Production of flax fibre and tow: top 10 producers average 1994-2018 (tonnes)
Şekil 3. Keten lifi ve kıtık üretiminde ilk 10 ülkenin üretim ortalaması 1994-2018 (ton)

Tablo 1. Liflik keten üretim verileri 1988-2019, Türkiye
Table 1. Fiber flax production data 1988-2019, Turkey

	Ekilen alan (da)	Üretim (ton)	Verim (kg da^{-1})
1988	49.000	600	12
1989	43.400	408	9
1990	28.000	101	4
1991	21.440	44	2
1992	11.760	45	4
1993	7.450	45	6
1994	13.350	35	3
1995	6.500	42	6
1996	3.550	17	5
1997	3.550	20	6
1998	3.200	16	5
1999	3.850	10	3
2000	3.200	7	2
2001	2.900	17	6
2002	2.500	50	20
2003	2.500	55	22
2004	2.200	55	25
2005	1.760	6	3
2006	1.460	8	5
2007	806	6	7
2008	670	1	1
2009	20	1	50
2010	100	3	30
2011	82	4	49
2012	0	0	-
2013	0	0	-
2014	0	0	-
2015	15	0.6	40
2016	25	1	40
2017	50	2	40
2018	50	3	60
2019	25	2	80

Tablo 1' göre, 1990'lı yıllara kadar oldukça geniş alanlarda üretilirken, bu yıllardan sonra hızla azalmış, hatta bazı yıllarda tohum ya da lif amaçlı hiç ekim yapılmamıştır. Günümüze gelindiğinde ise, 25 dekar gibi yok denecek kadar az bir alanda ekimi yapılmış ve dekarda 80 kg keten lifi üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2020b).

Türkiye, liflik ve yağlık amaçla keten yetiştirmeye uygun ekolojiye sahip olmasına rağmen, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2004 yılından beri liflik, 2012 yılından bu yana yağlık keten ekilişi neredeyse yapılmamaktadır. Türkiye'de her aşaması tamamen el işçiliğine dayalı olan keten tarımı, işçilik maliyetlerinin yüksekliği ve ekimden- iplik elde etmeye kadar tüm üretim aşamalarının insan gücüne dayalı olması nedeniyle tarımsal üretim içerisinde yerini koruyamadığı dikkati çekmektedir (Arslanoğlu ve ark., 2017). Son yıllarda ketenin yeniden üretime kazandırılmasıyla ilgili başlatılan çalışmalarla liflik keten ekilişi 2015 yılında 15 dekarla başlayıp, ancak 115 dekara kadar yükselmiş (Aytaç ve ark, 2020), hasat ve lif sıyırma, ipe dönüştürme aşamalarında geleneksel yöntemlerin dışına çıkılamaması ve mekanizasyonun yetersizliği nedeniyle istenen hızda artış sağlanamamıştır.

Günümüzde, dünya tekstil sanayisinin pamuk dışı lif kaynaklarına ihtiyaç duyması, bunları harmanlayarak yeni-alternatif dokumalar üretmek istemesi nedeniyle (Shuvo, 2020) iç ve dış piyasada tekstil sanayisinin talep ettiği ve bugün tamamını ithal ettiğimiz homojen kalitede keten lifi ihtiyacı her geçen gün artmaktadır (Anonim, 2000). Dünya toplam tekstil ihracatında 8.2 milyar dolarlık ihracat ve %3'lük pazar payı ile 7. sırada yer alan Türkiye için bu konu oldukça önem arz etmektedir (Anonim, 2018). Bu nedenle çalışmanın temel amacı, liflik keten yetiştiriciliğinin Orta Karadeniz Bölgesinde kârlı bir üretim faaliyeti olarak yapılabilirliği ve bölgede yaygın olarak yetiştirilen kışlık buğdaya alternatif bir ürün olup olamayacağını araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme alanları ve yetiştirme koşulları

Araştırmalar, 2019-2020 üretim döneminde Sinop ve Samsun illerinde yürütülmüştür. Ekimler, 20 Ekim 2019 tarihinde Sinop ili Ayancık ilçesi Söküçayırı Köyünde (41° 51' 58.4136" Kuzey ve 34° 30' 6.0300" Doğu) 12 dekar, Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyü Yeni Cuma mahallesinde (41° 53' 50.7768" Kuzey ve 35° 3' 19.9116" Doğu) 4 dekar çiftçi arazinde ve 25 Ekim 2019 tarihinde Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyünde yer alan Yeşil Küre - Karaköy Tarım İşletmesinde (41° 30' 14.6376" Kuzey ve 35° 59' 23.7444" Doğu) 10 dekarlık bir üretim alanı olmak üzere üç lokasyonda yapılmıştır.

Araştırma alanının haritası *Şekil 4*'de gösterilmiştir. Lokasyonlar Sinop Ayancık için lokasyon 1, Sinop Merkez için lokasyon 2, Samsun Bafra için lokasyon 3 olarak tanımlanmıştır. Ekimlerde, 6 kg/da tohumluk hesabıyla Fransız orijinli liflik keten çeşidi Cristo Fiber kullanılmıştır. Ekimden önce Sinop'taki arazilerde 1 kez derin sürüm, ardından tırmıklama yapılmış, sonrasında elle serpme yöntemi ile ekim gerçekleştirilmiştir. Ekimle birlikte 5 kg/da saf N hesabıyla 18-46-0 (N-P-K) formunda Diamonyum fosfat gübresi uygulanmış, ilkbaharda sapa kalkma döneminde 3 kg/da saf N hesabıyla Üre formunda (%46 azot) gübre uygulaması elle serpme yöntemiyle yapılmıştır. Sinop lokasyonlarında ön bitkinin buğday olduğu arazilerde ekim yapılmıştır.

Samsun'da yapılan üretimde ise önce pullukla derin sürüm, ardından kültivatör ile işleme ve buğday mibzeriyle tohum ekimi yapılmıştır. Ön bitkinin kenevir olduğu araziye, bir önceki yıl-kenevir üretimi için, kenevir ekiminden önce 3 ton/da hesabıyla olgunlaşmış tavuk gübresi uygulanmıştır. Kenevir hasatından hemen sonra arazi işlenerek herhangi bir gübre uygulanmaksızın keten ekimi yapılmıştır. İlkbaharda, bitkilerin sapa kalktığı dönemde 5kg/da saf N hesabıyla 13.5-0-45.5 (NO_3-0-K_2O) formüllü yaprak gübresi (CET 46 + ME ticari markalı) uygulanmıştır.

Figure 4. A survey of the research areas in Turkey, Sinop and Samsun provinces
Şekil 4. Türkiye'deki araştırma alanının haritası, Samsun ve Sinop illeri

Üretim alanlarında üretim süresince herbisit kullanılmamış, tarla alanı içerisinde görülen otlarla, bitkilerin sapa kalkma döneminde el işçiliği ile mücadele edilmiştir. Deneme alanlarında sulama yapılmamıştır. Hasatlar, yeşil-sarı olum döneminde tüm lokasyonlarda Temmuz ayının ilk haftası tamamlanmıştır.

Denemelerin yürütüldüğü Samsun ve Sinop lokasyonlarının iklimi birbirine benzer olup, kış aylarının ılık geçtiği, ılıman Karadeniz iklimidir. Sinop Ayancık lokasyonunda (lokasyon 1) toprak killi yapıda, organik madde içeriği orta, fosfor bakımından yüksek, potas bakımından orta düzeyde, pH düzeyi 6.5 ve eğim %6'dır. Sinop Merkez ilçe Taşmanlı lokasyonunda (lokasyon 2), killi, organik madde düzeyi orta, pH düzeyi 7, eğim %4, potasyum ve fosforca orta düzeyde belirlenmiştir. Samsun Bafra lokasyonunda (lokasyon 3) ise toprak yine killi yapıda, organik madde seviyesi yüksek, fosforca zengin, potasça orta düzeyde, pH 6.5 ve eğim %3 ölçülmüştür.

Samsun Bafra, Sinop Merkez Taşmanlı ve Sinop Ayancık lokasyonları için keten üretim maliyeti ayrı ayrı hesaplanmış, daha sonra Samsun ve Sinop illeri buğday ortalama üretim maliyeti ile karşılaştırılmıştır. Her lokasyonda farklı uygulamalar yapılmış olması nedeniyle hesaplamalar lokasyonlar için ayrı ayrı verilmiştir. Örneğin ekim ve hasat-toplama uygulamaları lokasyon 3'de mekanizasyon kullanılarak yapılırken, lokasyon 2'de ekim ve hasat el işçiliği ile yapılmıştır. Keten havuzlama, lif sıyırma ve istifleme işlemleri ise lokasyon 2 ve 3'de mekanizasyonla gerçekleştirilirken, lokasyon 1'de geleneksel yöntemlerle elle yapılmıştır.

2.2. Verilerin analiz metodu

Çalışmada yalnızca keten yetiştiriciliğinin kârlılık durumu incelenmiş, işletmede yetiştirilen diğer ürünler dikkate alınmamıştır. Araştırmada keten yetiştiriciliğinin ekonomik olarak kârlılığının belirlenmesi amacıyla keten yetiştiriciliği için girdi kullanım miktarları ve toplam üretim maliyetleri tahmin edilmiştir.

Liflik keten üretim dönemi masrafları değişken ve sabit masraflar olarak ikiye ayrılmıştır. Sabit masraflar üretim miktarına bağlı olmayan masraflar iken, değişken masraflar üretim miktarına bağlı olarak değişen masraflardır (Erkuş ve ark., 1995). Değişken masraflar; derin sürüm, ikileme, tırmık, tohum fide bedeli, ekim, çapalama, ot alma-seyreltme, gübreleme ve işçiliği, zirai mücadele ve işçiliği, hasat, havuzlama, lif sıyırma-istifleme-taksim, taşıma, pazarlama masrafları, tamir ve bakım masrafları, döner sermaye faizinden oluşmaktadır. Döner sermaye faizi T.C. Ziraat Bankası tarafından bitkisel üretim için açılan kredi faiz oranının yarısı üzerinden hesaplanmıştır. Sabit masrafları ise; genel idare giderleri ve tarla kirası oluşturmaktadır. Üretim dönemi sabit masraf unsuru olan yönetim masrafı değişken masrafların %3'ü olarak hesaplanmış, tarla kirası üreticilerin beyanına göre belirlenmiştir. Araştırmada, üreticilerin kendi makinelerini kullanmaları halinde, bölgedeki birim makine kiraları esas alınmıştır (Kıral ve ark., 1999).

Liflik ketenin kârlılık analizi yapılırken brüt kâr, net kâr ve nispi kâr hesaplarından faydalanılmış ve aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Eş.1, Eş.2, Eş. 3). Gayrisafi Üretim Değeri (GSÜD), ürün fiyatı ile

dekara verim değerlerinin çarpılması sonucu elde edilmektedir (Açıl ve Demirci, 1984; Kral ve ark., 1999; Tanrıvermiş, 2000).

$$Brüt\ Kâr\ =\ GSÜD\ -\ Değişken\ Masraflar\ (DM) \quad \text{(Eş.1)}$$

$$Net\ Kâr\ =\ GSÜD\ -\ Toplam\ Üretim\ Masrafları\ (TM) \quad \text{(Eş.2)}$$

$$Nispi\ Kâr\ =\ GSÜD\ /\ Toplam\ Üretim\ Masrafları\ (TM) \quad \text{(Eş.3)}$$

Keten yetiştiriciliğinin kârlılık durumu; bölgede yoğun olarak üretimi yapılan buğday üretim faaliyeti verileri ile karşılaştırılmıştır. Buğday üretim faaliyetinin gider ve gelirlerine ilişkin veriler Samsun ve Sinop illeri Tarım ve Orman İl Müdürlükleri veri tabanlarından elde edilmiştir (TOB, 2020).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma bölgelerinde liflik keten üretimi esnasında farklı yöntemler uygulanmış, bu durum ketene ait masraf ve gelirlerin de farklı olmasına yol açmıştır. Bu nedenle çalışmada keten tarımından maksimum faydayı sağlayacak üretim şeklinin belirlenebilmesi için her üretim yöntemine ait kârlılık durumu ayrı ayrı incelenmiştir *(Tablo 2)*.

Araştırma sonucunda Sinop ili Merkez ilçesinde gerçekleştirilen üretim yöntemi sonucunda liflik keten kârlılığının en yüksek olduğu bunu Samsun ili Bafra ilçesindeki uygulamaların izlediği saptanmıştır. Fakat Sinop ili Ayancık lokasyonunda liflik keten üretiminden zarar edildiği gözlenmiştir. Bunun temel nedeni Ayancık'daki deneme alanında keten üretimine ait bütün uygulamaların hiçbir mekanizasyon kullanılmadan elle gerçekleştirilmiş olmasıdır. Ayrıca deneme alanında yapılan gözlemlerde keten üretimini gerçekleştiren çiftçinin, bakım işlemlerini ile tarımsal uygulamaları doğru ve zamanında gerçekleştiremediği, bunun sonucu olarak sap (325 kg/da) ve tohum (16.5 kg/da) veriminin diğer lokasyonlara göre düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum Ayancık lokasyonunda (lokasyon 1) liflik keten üretiminden ciddi şekilde zarar edilmesiyle (-620.3 TL) sonuçlanmış, üretimin değişken masrafları (1106.6 TL) dahi karşılanamamıştır. Sinop Merkez ilçedeki Taşmanlı köyü (lokasyon 2) deneme alanında ise üretici ketenin üretim ve bakım sürecini kendisine önerildiği şekilde tam zamanında uygulamış, bunun sonucunda da dekara alınan keten sap ve tohum verimi yüksek gerçekleşmiştir. Lif ketenlerinin sap verimi ekim tarihlerine, iklim koşullarına bağlı olmak koşuluyla 200 – 600 kg/da, tohum verimi ise 20 – 60 kg/da arasında değişmektedir (Arslanoğlu ve ark., 2017). Sapın lif oranı %20-24 arasında değişkenlik gösterir (Turan, 2000). Araştırmada 2 numaralı lokasyonda dekara sap (625 kg/da) ve tohum veriminin (60 kg/da) ortalama değerlerin üst sınırında ve hatta üzerinde olduğu, 3 numaralı lokasyonda da dekara sap (500 kg/da) ve tohum veriminin (50 kg/da) oldukça iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu yönüyle incelendiğinde bölgede iklim ve bakım koşullarının iyi olması durumunda liflik keten üretiminin verim seviyesinin yüksek olması beklenmektedir. Elde edilen verim değerlerimizin, Türkiye'de 2019 yılı liflik keten verim seviyesinin (80 kg/da) (Anonim, 2020b) oldukça üzerinde olduğu dikkati çekmektedir.

Lokasyon 2'de keten lifi üretiminden dekara 832.8 TL brüt kâr elde edilirken, üretimin mekanizasyonla gerçekleştirildiği lokasyon 3 (Samsun Bafra) deneme alanında dekardan 648.2 TL brüt kâr elde edilmiştir. Sonuç olarak işletmeler bütün masraflarını karşıladıktan sonra lokasyon 2'de 715 TL da^{-1}, lokasyon 3 deneme alanında ise 533 TL da^{-1} net kâr elde etmişlerdir *(Tablo 2).*

Üretim masrafları incelendiğinde tüm lokasyonlarda değişken masrafların payının sabit masraflara oranla çok yüksek olduğu görülmektedir. Ancak lokasyon 1'de, lokasyon 2 ve 3'e oranla değişken masrafların oranının (%89.3) daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum lokasyon 1'de (Ayancık ilçesinde) hasat-derim-toplama (233,3 TL da^{-1}), havuzlama (100 TL da^{-1}), lif sıyırma-istifleme ve taksim işlemleri (300 TL da^{-1}) tamamen el işçiliği ile gerçekleştirildiği için işçilik maliyetlerinin çok yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Nitekim lokasyon 1'de toplam değişken masrafların %57.2'sini bahsedilen bu masraf kalemleri oluşturmuştur *(Tablo 2).*

Araştırma sonucunda üretim sürecinin tamamının mekanizasyonla gerçekleştirildiği lokasyon 3'de değişken masrafların (501.8 TL) diğer deneme alanlarına göre daha düşük olduğu saptanmıştır *(Tablo 2).* Lokasyon 2'de de çoğunlukla mekanizasyon kullanılmasına rağmen hasat-derim-toplama sürecinde el işçiliğinden faydalanılması masrafları artırmıştır. Sonuç olarak tüm lokasyonlarda keten yetiştiriciliğinin kârlılığı üzerinde en fazla hasat ve sonrası işçilik maliyetlerinin etkili olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla hasat işlemleri ve lif elde etme süreçlerinde makinalı tarıma geçilmesi üretim masraflarını düşüreceğinden keten yetiştiriciliğini daha kârlı duruma getirebilecektir.

Tablo 2. Liflik keten ve buğday üretim faaliyetleri için masraflar ve kârlılık göstergeleri

Table 2. Costs and profitability indicators for fiber flax and wheat production activities

	Masraf ve Kârlılık Ölçümleri	**Lokasyon 1**	**Oran 1 (%)**	**Oran 2 (%)**	**Lokasyon 2**	**Oran 1 (%)**	**Oran 2 (%)**	**Lokasyon 3**	**Oran 1 (%)**	**Oran 2 (%)**	**Buğday (Ort.)**	**Oran 1 (%)**	**Oran 2 (%)**
1	Derin Sürüm (Dipkazan veya Pulluk)	75.00	6.78	6.05	80.50	13.77	11.46	34.80	6.94	5.64	50.00	12.64	9.85
2	İkileme (Kazayağı - Kültivatör)	27.00	2.44	2.18	26.16	4.48	3.73	31.53	6.28	5.11	0.00	0.00	0.00
3	Tırmık	20.62	1.86	1.66	16.10	2.75	2.29	25.14	5.00	4.07	20.00	5.06	3.94
4	Diskaro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	7.58	5.91
5	Tohum -Fide Bedeli	64.00	5.78	5.16	64.00	10.95	9.11	64.00	12.76	10.38	44.00	11.12	8.67
6	Ekim	42.00	3.80	3.39	20.00	3.42	2.85	20.49	4.09	3.32	20.00	5.06	3.94
7	Ot Alma -Seyreltme	50.00	4.52	4.03	25.00	4.28	3.56	40.00	7.97	6.49	0.00	0.00	0.00
8	Gübreleme ve İşçiliği	67.00	6.05	5.40	67.35	11.53	9.60	56.84	11.32	9.21	90.75	22.95	17.89
9	Zirai Mücadele ve İşçiliği	20.00	1.81	1.61	16.85	2.89	2.41	20.13	4.01	3.26	27.00	6.83	5.32
10	Hasat -Derim - Toplama	233.33	21.08	18.82	100.00	17.10	14.24	57.30	11.42	9.29	72.00	18.20	14.19
11	Havuzlama	100.00	9.04	8.07	75.00	12.83	10.68	75.00	14.95	12.16	0.00	0.00	0.00
12	Lif sıyırma -İstifleme - Taksim	300.00	27.11	24.20	25.87	4.43	3.69	14.58	2.91	2.37	0.00	0.00	0.00
13	Nakliye. Pazarlama	55.00	4.97	4.44	40.00	6.84	5.70	38.06	7.59	6.18	23.00	5.81	4.53
14	Döner Sermaye Faizi	52.70	4.76	4.25	27.84	4.74	3.94	23.89	4.76	3.87	18.84	4.75	3.70
15	Değişken Masraflar Toplamı	1106.65	100	89.26	584.67	100	83.27	501.76	100	81.34	395.59	100	77.95
16	Genel İdare Giderleri	33.20	24.92	2.68	17.54	14.89	2.49	15.05	13.12	2.45	11.87	10.63	2.34
17	Tarla Kirası	100.00	75.08	8.07	100.00	85.11	14.24	100.00	86.88	16.21	100.00	89.37	19.70
18	Sabit Masraflar Toplamı	133.20	100	10.74	117.54	100	16.73	115.05	100	18.66	111.87	100	22.05
19	Üretim Masrafları Toplamı	1239.85		100	702.21		100	616.82		100	507.46		100
20	Ana Ürün (Sap) Verimi (kg da^{-1})	325.00			625.00			500.00			325.00		
21	Ana Ürün (Sap) Fiyatı (TL kg^{-1})	1.50			1.50			1.50			1.15		
22	Yan Ürün (Tohum) Verimi (kg da^{-1})	16.50			60.00			50.00			230.00		
23	Yan Ürün (Tohum) Fiyatı (TL kg^{-1})	8.00			8.00			8.00			0.60		
24	Gayri Safi Üretim Değeri (TL da^{-1})	619.50			1417.50			1150.00			511.75		
25	Brüt Kâr (TL da^{-1})	-487.15			832.83			648.24			116.16		
26	Net Kâr (TL da^{-1})	-620.35			715.29			533.18			4.29		
27	Nispi Kâr	0.50			2.02			1.86			1.01		

* İlk 4 maddeye ait veriler, ilgili yörede buğdaya ait Tarım ve Orman İl Müdürlükleri resmi verilerinden alınmıştır.

(Oran 1) Değişken ve sabit masraflar içerisindeki oranlar

(Oran 2) Toplam üretim masrafları içerisindeki oranlar

Araştırmanın yapıldığı coğrafyada keten üretimi, yaygın şekilde ekimi yapılan buğday tarımına bir alternatif olarak düşünülmektedir. Bu nedenle ketenin kârlılık analizi buğday kârlılığı ile karşılaştırılarak Tablo 2'de sunulmuştur. *Tablo 2* incelendiğinde, mekanizasyonla gerçekleştirilen keten yetiştiriciliğinin ekonomik getirisinin (lokasyon 2 ve 3), bölgede yoğun olarak ekimi yapılan buğdayın ekonomik getirisinden daha fazla olduğu

saptanmıştır. Bölgede buğday üretiminden elde edilen gelirlerin (511.8 TL) ancak masrafları (507.5 TL) karşılamaya yettiği tespit edilmiştir.

Nispi kâr, işletmeye yatırılan bir birim sermayenin üretim faaliyeti sonucunda işletmeye getirisini ifade etmektedir (Açıl ve Demirci, 1984). Sinop Merkez ilçede keten yetiştiren tarım işletmeleri keten yetiştirmek üzere yaptıkları 1 TL'lik masrafa karşılık 2.02 TL gelir elde ederken, Samsun Bafra ilçesinde 1.86 TL gelir sağlanmıştır. Mekanizasyon kullanılmasına rağmen bu lokasyonlar arasındaki farklılığın iklim, toprak farklılıkları ve kültürel işlemler nedeniyle ortaya çıkması beklenen bir durumdur. Lokasyon 2'de hasat derim toplama giderleri (100 TL da^{-1}), lokasyon 3'den (57.3 TL da^{-1}) yüksek olmasına rağmen ikinci lokasyonda sap veriminin yüksek olması (625 kg/da) net kârın daha yüksek olmasına neden olmuştur (715.3 TL da^{-1}). Bu lokasyonlarda keten yetiştiriciliğinde üretim faktörlerinin daha etkin kullanıldığı görülmektedir.

Ancak Sinop Ayancık ilçesinde ise işletmeye yatırılan 1 TL karşısında 0.50 TL gelir sağlanmakta, keten üretim maliyetlerini karşılayamadıkları için zarar etmektedirler. Diğer taraftan, keten yetiştiriciliğinde üretimi mekanizasyonla yapmak, geleneksel yöntemle (elle) yapmaya göre daha fazla kazançlı hale getirmektedir. Aydoğan ve ark., 2020 yılında Samsun ili Vezirköprü ilçesinde yürüttükleri kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik yönünü araştırdıkları çalışmada, keneviri farklı amaçlarla yetiştiren işletmeleri incelemişler ve araştırma sonucunda keneviri lif+kıtık için ve tohum+lif+kıtık için üreten işlemelerin zarar ettiği ancak, keneviri lif+kıtık amaçlı üretirken lif sıyırma işlemini makine ile gerçekleştiren işletmelerde kâra geçildiğini belirlemişlerdir. Ürünü tohum+soyulmamış sap ve yalnızca soyulmamış sap şeklinde üretip pazarlayan işletmelerde ise kârlılığın daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Araştırma sonucunda buğday üretim verileri incelendiğinde, yatırılan 1TL'ye karşılık yine 1.01 TL elde edilmektedir. Araştırma sonucunda bölgede dekara buğday verimi ortalama 325 kg ve sap verimi 230 kg olup, buğdaydan elde edilen gelirlerin toplam masraflarını ancak karşılayabildiği saptanmıştır. Erbaş (2020), Yozgat iklim koşullarında kışlık buğday üretimde nispi kârı 1.10 olarak bulmuş, üreticilerin buğday tarımından pozitif brüt ve net kâr elde ettiğini, ancak bunun yeterli olmadığını belirtmiştir. Karadaş (2016) ise Ağrı koşullarında, buğday üretiminden zarar edildiğini, üreticilerin ortalama -0.03 TL da^{-1} brüt kâr ve -26.68 TL da^{-1} net kâr elde ettiğini, Birinci ve Küçük'de (2011), Erzurum koşullarında buğday üretim maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle, buğday üretimden zarar edildiğini bildirmişlerdir.

Buğday üretimi bu boyutuyla uzun dönemde ekonomik olarak sürdürülebilir değildir. Ancak münavebe, hayvan yemi ve aile ihtiyacını karşılamak amacıyla buğday ekimi gerçekleştirilmeye devam etse de, ekonomik olarak keten gibi kârlılığı yüksek ürünlere yönelinmesinde veya ekim nöbetine alınmasında yarar görülmektedir. Ekim nöbeti, sürdürülebilir tarım açısından, tarımsal girdileri azaltan, çevreye dost ve herbisit kalıntısına sebep olmayan yabancı ot mücadelesinde en başarılı yöntemlerin başında gelmektedir. Ekim nöbeti kültür bitkilerinin yetiştiriciliğinde ekim nöbeti yabancı ot popülasyonunun ve hastalık-zararlı etmenlerinin azaltılabileceği, bu sayede kültür bitkilerinde verimin yükseltilebileceği bildirilmektedir (Kara ve ark., 2011; Torun ve Uygur, 2019).

Yapılan çalışmalar Arpa + Yonca + Keten + Nadas ekim nöbeti sisteminin, Matricaria inodora L., Poa annua L., Raphanus raphanistrum L., Spergula vulgaris L., Viola arvensis L. yabancı otlarının gelişimini olumsuz etkilediğini göstermiştir (Rahnavard ve ark., 2009). Yağlık keten yetiştiriciliğinde farklı ekim nöbeti sistemlerinin araştırıldığı bir başka çalışmada (Zhao ve ark., 2020a), keten-keten-keten şeklinde üst üste keten ekimi yapılan alanlara göre, (patates-keten-keten), (buğday-patates-keten), (keten-patates-keten), (patates-buğday-keten) ve (keten-buğday-keten) uygulamaları ketenin büyümesi, yaprak alanını, kuru madde birikimini, tohum nitrojen birikimini, su ve kullanılan azotun verimliliğini artırmıştır. Rotasyon sistemlerinde keten tohumu verimleri, sürekli keten ekim sisteminden %22.23 ila %44.11 daha yüksek bulunmuş, Buğday ve patates anızlarında yetiştirilen ketenler daha fazla dal (%14.24 ve %6.97), kapsül (%26.35 ve %28.79) ve kuru madde (%41.98 ve %25.47) oluşturmuştur. Araştırıcılar ekim nöbeti uygulaması ile tohum verimi, kuru madde miktarı ve verim bileşenlerinin daha yüksek bulunduğunu, aynı zamanda, su ve gübre verimliliğini artırdığını belirlemişlerdir.

Karadeniz Bölgesinde buğday tarımı, kışlık olarak ekilebilecek bitki türünün sınırlı olması nedeniyle (buğday, arpa, yulaf, fiğ) genellikle buğday üzerine buğday tarımı şeklinde yapılmaktadır. Oysa ekim nöbeti sisteminin başarısı için farklı kök sistemine sahip bitkilerin birbiri ardına ekilmesi gerekir. Böylece, hem bitkisel ürün miktarı, hem toprak verimliliği (Chacko ve ark., 2019; Wei ve ark., 2020) hem de su tutma kapasitesini (Zhao ve ark., 2020b) artırmak mümkün olur. Yapılan çalışmalar buğday-buğday şeklinde yapılan ekimlerde buğdayın tane

verimi ve kalite kriterlerinde düşüşler olduğunu göstermiştir (Chaieb ve ark., 2020). Keten, yonca, mısır, çavdar, korunga şekerpancarı kök nematodu ile mücadelede etkili ön bitki olmaları nedeniyle ekim nöbetine alınmaları önemli katkı sağlamaktadır (Kara ve ark., 2011). Bu nedenle buğdaydan sona tekrar buğday ekilerek yapılan üretim sisteminin uygulandığı üretim alanlarında keten buğday ekim nöbeti sisteminin uygulanması ürün ve toprak verimliliğini artırmak açısından yararlı olacaktır.

Keten bitkisi, zayıf kök sistemi ve yaprak alanının azlığı nedeniyle yabancı otlarla rekabeti zayıftır (Carlson, 2008). Bu nedenle genel olarak keten tarımı yapılan ve ekim nöbeti uygulanmayan alanlarda yabancı ot görülmekte (Özcan ve ark., 2014), mücadele edilmemesi halinde liflik veya tohum amaçlı keten yetiştiriciliğinde fark etmeksizin %22-31 oranında verim düşüşüne neden olmaktadır (Gruzdeviene ve Jankauskiene, 2011; Carlson, 2008).

4. Sonuç

Orta Karadeniz Bölgesi'nde seçilen kırsal deneme alanlarında liflik ketenin üretim maliyetlerini ve kârlılığını belirlemek, ketenin buğdaya alternatif olup olamayacağını saptamak amacıyla yapılan bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Sinop ili Ayancık ilçesi Söküçayırı Köyü (Lokasyon 1) deneme alanında tüm işçiliğin elle yapılması, bakım işlemlerinin aksatılması nedeniyle üretici liflik keten üretiminden kâr elde edememiştir.
- Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyü ve Samsun ili Bafra ilçesi Elifli köyünde (Lokasyon 2 ve 3) iklim ve toprak koşullarının da etkisinde olmak kaydıyla, mekanizasyonun kullanılması işletmelerin kârlılığını artırmıştır.
- Sinop ili Merkez ilçe Taşmanlı köyünde (Lokasyon 2) ise sadece hasat ve ekim işlemlerinin makine ile yapılması, tüm kültürel ve bakım işlemlerinin zamanında tamamlanması sonucunda, üreticinin masraflarının tamamını karşıladıktan sonra dekara oldukça tatminkar bir kâr elde ettiği belirlenmiştir.

Araştırmada, liflik keten yetiştiriciliğinde yüksek kârlılık için tüm işlemlerin mekanizasyonla yapılmasının yanı sıra, doğru ve zamanında yapılan bakım ve kültürel işlemlerin de çok önemli olduğu belirlenmiştir. Buna göre liflik keten üretimi için üreticilerin değişken masraflar içerisindeki iş gücü maliyetleri ile hasat-derim-toplama, havuzlama, lif sıyırma, istifleme ve taksim işlemlerinde mutlaka mekanizasyona yer verilmesinin maliyetleri önemli derecede düşüreceği, bölge koşullarında buğdaya göre 2 kat fazla nispi kâr elde edeceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte bölgede buğday üretim alanlarında buğdaydan elde edilen gelirlerin toplam masraflarını ancak karşılayabildiği, fakat buğdayın aile ihtiyacını karşılamak üzere tarımsal üretimde mutlak yer alması gerektiği dikkate alındığında, kışlık ekilen liflik ketenin Orta Karadeniz Bölgesi ve benzeri iklim koşullarında buğday ile ekim nöbetine alınması önerilmektedir. Böylelikle çiftçi ailesi temel ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra, aynı alandan gelir getirici yeni bir ürünü üreterek gelirini artırma şansı yakalayacaktır.

Türkiye'de tekstil sektörünün ihtiyaç duyduğu pamuk dışı hammaddenin ülke kaynaklarından sağlanabilmesi olanağını artırmak amacıyla, iklim koşullarının elverişli olduğu bölgelerde gelir getirici bir ürün olarak liflik keten yetiştiriciliği teşvik edilebilir. Her ne kadar sentetik lifler daha ucuz ve kolay işlenebilir olsa da son yıllarda talebi giderek artan doğal, organik ürünlerin hammadde ihtiyacını karşılamak amacıyla da yetiştirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

Açıl, A.F., Demirci, R. (1984). Tarım Ekonomisi Dersleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 880, Ankara.

Akin, D. E. (2000). Flax fiber. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.

Anonim (2018). International Trade Centre (ITC), www.trademap.org

Anonim (2020). http://www.lifmekanizasyon.com/keten.html, (Erişim Tarihi: 23.12.2020)

Anonim (2020a). Food and Agriculture Organization (FAO), www.fao.org, (Erişim Tarihi: 28.11.2020)

Anonim (2020b). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), www.tuik.gov.tr, (Erişim Tarihi: 02.12.2020)

Arslan, O., Kahrıman, F., Topçu Bayram, Ö., Turhan, H. (2011). Çanakkale Koşullarında Yetiştirilen Keten Genotiplerinin Tohum Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi /Journal of Tekirdag Agricultural Faculty,* 8, Sayı 3, Sayfa 1-7.

Arslanoğlu, Ş.F., Aytaç, S., Ayan, A. K. (2017). Keten. *Karadeniz'in Lif Bitkileri Çalıştayı Keten-Kenevir-Isırgan*, 5-6 Mayıs, Samsun. Sayfa 51-62. Basım tarihi 19.12.2017. Uğur Ofset, Samsun, ISBN:9786052319017.

Aydoğan, M., Terzi, Y., Gizlenci, Ş., Acar, M., Esen, A., Meral, H. (2020). Türkiye'de kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak yapılabilirliği: Samsun ili Vezirköprü ilçesi örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35 (1), 35-50. DOI: 10.7161/omuanajas.602585

Aytaç, S., Başbağ, S., Arslanoğlu, F., Ekinci, R., Ayan, A. K. (2020). Lif Bitkileri Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. *Ziraat Mühendisleri IX. Teknik Kongresi*, Bildiriler Kitabı Cilt 1: 463-491. Ocak 2020. TMMOB Ziraat Mühendilseri Odası, Ankara Üniversitesi Basık Yayın Müdürlüğü, Ankara Üni. 10. Yıl Yerleşkesi Tandoğan-Ankara. ISBEN-978-605-01-1321-1.

Birinci, A., Küçük, N. (2011). Erzurum İli Tarım İşletmelerinde Buğday Üretim Maliyetinin Hesaplanması / Calculating Wheat Production Cost On The Farms In Erzurum Province. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (3-4).

Bourmaud, A., Morvan, C., Baley, C. (2010). Importance of fiber preparation to optimize the surface and mechanical properties of unitary flax fiber. *Industrial Crops and Products*, *32*(3), 662-667.

Carlson, S. L. (2008). *An integrated approach to investigating the reintroduction of flax production in Iowa*. Retrospective, Theses and Dissertations. 15337. https://lib.dr.iastate.edu/rtd/15337

Chacko, S., Ravichandran, C., Vairavel, S.M. (2019). Employing Measurers of Spatial Distribution of Carbon Storage in Periyar Tiger Reserve, Southern Western Ghats, India. J. Geovisualization Spat. Anal. 2019, 3, 1.

Chaieb, N., Rezguia, M., Ayedb, S., Bahria, H., M'hameda, H. C., Rezguia, M., Annabia M. (2020). Effects of tillage and crop rotation on yield and quality parameters of durum wheat in Tunisia, *Journal of Animal & Plant Sciences* (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.44 (2): 7654-7676.

Deng, Y., Guo, Y., Wu, P., Ingarao, G. (2019). Optimal design of flax fiber reinforced polymer composite as a lightweight component for automobiles from a life cycle assessment perspective. *Journal of Industrial Ecology*, Vol: 23, Issue:4, pages: 986 - 997. https://doi.org/10.1111/jiec.12836

Erbaş, N. (2020). Yozgat İli Tarım İşletmelerinde Kışlık Buğday (Triticum aestivum L.) Üretiminin Maliyet Analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10 (2) , 1318-1328. DOI: 10.21597/jist.607975

Erkuş, A., Bülbül, M., Kıral, T., Açıl, A. F., Demirci, R. (1995). Tarım Ekonomisi. Yayın No: 5, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı, Ankara.

Foulk, J. A., Akin, D. E., Dodd, R. B., McAlister III, D. D. (2002). Flax fiber: potential for a new crop in the Southeast. *Trends in new crops and new uses*, *361*.

Foulk, J., Akin, D., Dodd, R., Ulven, C. (2011). Production of flax fibers for biocomposites. In *Cellulose fibers: Bio-and nano-polymer composites* (pp. 61-95). *Springer*, Berlin, Heidelberg.

Gruzdevienė, E., Jankauskienė Z. (2011). The Diversity Of Weeds In Organic Linseed And Flax Crop. Environment. Technology. Resources Proceedings of the *8th International Scientific and Practical Conference*. Volume II., page.276-281. Rēzeknes Augstskola, Rēzekne, RA IzdevniecībaI, SBN 978-9984-44-071-2.

Heller, K., Baraniecki, P., Praczyk, M. (2014). Fibre flax cultivation in sustainable agriculture, Institute of Natural Fibres Medicinal Plants (INF&MP), Poland, Available online 27 March 2014.

Hosseinzadeh, Y., Jalili, S., Khani, R. (2020). Investigating the effects of flax fibers application on multi-objective optimization of laminated composite plates for simultaneous cost minimization and frequency gap maximization, *Journal of Building Engineering,* Volume 32, 101477, ISSN 2352-7102, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101477.

Howard, J. (1941). Fiber flax grown in Oregon. *Agricultural Journal*, 8, 2.

Kara, B., Kara, N., Akman, Z., Balabanlı, C. (2011). Tarla Bitkilerinde Ekim Nöbetinde Ön Bitki Değeri ve Etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 2011, 28(1):12-24.

Karadaş, K. (2016). Ağrı İli Tarım İşletmelerinde Buğday Üretim Maliyetlerinin Hesaplanması. *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 31, 33-41.

Kaur, A., Singh, A., Patra, A. K., Mahajan, R. (2016). Cost-effective scouring of flax fibers using cellulase-free xylano-pectinolytic synergism from a bacterial isolate. *Journal of Cleaner Production*, *131*, 107-111.

Keskin, G., Dönmez, D., Canik, F., Yüksel, N. Y., Sancak, A. Z. (2014). Türkiye'de Bitkisel Ürünlerde Maliyet Hesabında ve Anket Uygulamalarında Teknik Elemanların Karşılaştıkları Sorunların Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi / Journal of Tekirdag Agricultural Faculty T. Z. F. Dergisi*,11, Sayı 3, Sayfa 110-118.

Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veri tabanı rehberi. Proje Raporu 1999-13, Yayın No:37, Ankara.

Kiryluk, A., Kostecka, J. (2020). Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (Linum usitatissimum L.) Cultivation. *Journal of Ecological Engineering***.** Vol 21 (7): 99-107. https://doi.org/10.12911/22998993/125443.

Kuhlman, G. W., Robinson, B. B. (1938). Cost and efficiency in fiber flax production in the Willamette Valley, Oregon.

Li, M., Pu Y., Thomas, V. M., Yoo, C. G., Ozcan, S., Deng, Y., Nelson, K., Ragauskas, A.J. (2020). Recent advancements of plant-based natural fiber–reinforced composites and their applications. Composites Part B 200, 108254.

Megahed, M., Abo-bakr, R. M., Mohamed, S.A. (2020). Optimization of hybrid natural laminated composite beams for a minimum weight and cost design, *Composite Structures*, Volume 239,111984, ISSN 0263-8223, https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.111984.

Özcan, S., Yılar, M., Kınay, A., Önen, H. (2014). The Effect of Weeds on Yield and Yield Components of Linseed (Linum usitatissimum L.). *International Mesopotamia Agriculture Congress*, Proceeding book 754-759. 22-25 September 2014, Diyarbakır-Türkiye.

Powers, W. L. (1936). Soil, nutrient and irrigation requirements of fiber flax.

Rada, E. L., DeLoach, D. B. (1942). The Oregon fiber-flax industry, with particular reference to marketing.

Rahnavard, A., Ashrafi, Z. Y., Alizade, H. M., Sadeghi S. (2009). Studies on the effect of fertilizer application and crop rotation on the weed infestated fields in Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 5(1): 41-50.

Robinson, B. B. (1936). Fiber flax in Oregon, USA.

Savran, M., Aydin, L. (2018). Stochastic optimization of graphite-flax/epoxy hybrid laminated composite for maximum fundamental frequency and minimum cost. *Engineering Structures*, *174*, 675-687.

Shuster, W. (1992). Ölflangen in Europa, DLG-Verglas-Gmbh, Eschborner Lands-Trabe, Germany, 122:102-107.

Shuvo, I. I. (2020). Fibre attributes and mapping the cultivar influence of different industrial cellulosic crops (cotton, hemp, flax, and canola) on textile properties. Shuvo *Bioresour. Bioprocess. (2020) 7:51.* https://doi.org/10.1186/s40643-020-00339-1.

Smeder, B., Liljedahl, S. (1996). Market oriented identification of important properties in developing flax fibres for technical uses, *Industrial Crops and Products*, Volume 5, Issue 2, Pages 149-162, ISSN 0926-6690, https://doi.org/10.1016/0926-6690(96)00009-X.

Tanrıvermiş, H. (2000). Orta Sakarya Havzası'nda domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımının ekonomik analizi. Ankara Üniversitesi Araştırma Enstitüsü, Yayın No:42, Ankara.

TOB, 2020. Tarım Orman Bakanlığı İl Tarım Müdürlükleri Veri Tabanı. https://www.tarimorman.gov.tr/

Torun, H., Uygur, N. F. (2019). Kültür Bitkileri ile Ekim Nöbeti Uygulamalarının Yabancı Ot Yönetimine Etkisi. *Turkish Journal of Weed Science* 2019:22(1):127-132.

Turan, Z. M. (2000). Lif Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 83. Bursa.

Wei, C., Adamowski F. J., Liu, Y., Zhang Y., Liu C., Zhou J., Wang X., Zhang X., Cao J. (2020). A Comparative Study of Rotation Patterns on Soil Organic Carbon in China's Arid and Semi-Arid Regions. *Agronomy 2020*, 10, 160; doi:10.3390/agronomy10020160.

Xu, J., Gao, X., Zhang, C., Yin, S. (2017). Flax fiber-reinforced composite lattice cores: a low-cost and recyclable approach. *Materials & Design*, *133*, 444-454.

Yılmaz, S., Uzun, A. (2019). Keten Tarımı. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalara ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ISBN: 978-605-2207-25-3, Samsun.

Zhao, B., Gao, Y., Yan, B., Cui, Z., Wang, H., Zhi Cao, Z. (2020a). Varied previous crops on improving oilseed flax productivity in Semiarid Loess Plateau in China. *Oil Crop Science* 5 (2020) 187–193188. DOI: 10.1016/j.ocsci.2020.12.002.

Zhao, J., Yanga, Y., Zhangc, K., Jeongb, J., Zenga, Z., Zanga, H. (2020b). Does crop rotation yield more in China? A meta-analysis. *Field Crops Research* 245 (2020) 107659.