



jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

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

Issue: 2
Volume: 21
2024



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 21

Sayı / Issue 2

Mart / March 2024

Owner (On Behalf of Faculty)	Sezen ARAT Tekirdag Namık Kemal University
Editor-in-Chef	Duygu BOYRAZ ERDEM Tekirdag Namık Kemal University
Editorial Management	Hüseyin SARI, Tekirdag Namık Kemal University Hazım Serkan TENİKECİER, Tekirdag Namık Kemal University
Section Editors	Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namık Kemal University Arzu COŞKUNTUNA, Tekirdag Namık Kemal University Can Burak ŞİŞMAN, Tekirdag Namık Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namık Kemal University İbrahim PALABIYIK, Tekirdag Namık Kemal University M. Ömer AZABAĞAOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University Emine YILMAZ, Tekirdag Namık Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namık Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namık Kemal University Orhan YÜKSEL, Tekirdag Namık Kemal University H. Ersin ŞAMLI, 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 BEZIRTZOĞLOU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Songül ÇAKMAKÇI, Atatürk University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuğrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.Rüşti 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	Merve AYDOĞDU ÇELİK, Tekirdag Namık Kemal University
Statistics Editor	İsmet BAŞER, Tekirdag Namık Kemal University

jotaf



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date

Mart / March 2024

Yayıncı/Publisher

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tekirdağ 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 03

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
dboyraz@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.

jotaf



İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Determination of Agricultural Mechanization Level in Kahramanmaraş with Poisson Regress by District 285-296 İsmail GÖK, Mustafa ŞAHİN, Tolga TOLUN	285-296
Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Buğdayın (<i>Triticum aestivum</i> L.) Çimlenme ve Biyomas Üzerine Etkisinin Belirlenmesi 297-308 Bilgehan ŞENAY, Mahmut TEPECİK	297-308
Pioneering Communities in Dissemination of Local Wheat Varieties and Products in Turkey 309-323 Mesut Yüce YILDIZ, Tayfun ÖZKAYA	309-323
Genotype and Environment Effect on Yield and Quality Parameters and Stability in Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Cultivars under Rainfed Conditions 324-334 İrfan ÖZTÜRK	324-334
Food Demand and Nutritional Habits of Consumers During the Covid-19 Outbreak: A Case Study in Türkiye 335-347 Emine YILMAZ, Bağı ÇOLAKOĞLU	335-347
The Relationship between International Migration, Agricultural Employment, and Household Labor Force in Türkiye 348-361 Tuğçe SARIOĞLU, Haydar ŞENGÜL	348-361
Determination of In Vitro and In Vivo Efficacy of Some Bacterial Antagonists Against <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) De Bary in Sunflowers 362-374 Raziye KOÇAK, Nuh BOYRAZ	362-374
Kekik Üretiminde Girdi Kullanımı ve Maliyet Analizi-Denizli İli Türkiye Örneği 375-392 Arif SEMERCİ, Enver KEN	375-392
Observance of Agronomic and Nutritive Profile of Some Silage Corn Hybrids in Central Anatolian Region of Turkey 393-403 Ugur OZKAN	393-403
Driving Factors for Agricultural Graduates' Involvement in Agribusiness Enterprise in Nigeria 404-415 Ridwan MUKAILA, Festus EluwandeDurojaye AWOYELU, Chisom Francisca EMEAKAYI	404-415
Bitki Gelişimini Destekleyici Rizobakteriler ve Kimyasal Gübrelerin Domates Yetiştiriciliğine Etkisi 416-428 Cengiz DÖNMEZ, Mesude Figen DÖNMEZ, Işıl TEMEL, İrfan ÇORUH	416-428
Development of a Solar Powered Seeder for Pea Seeds 429-443 Mohamed Ali Ibrahim AL-RAJHI, Yasser Kamal OSMAN, Enas Lokman Abdellatif SALEM	429-443
A Research on Satisfaction Levels of Water Buffalo Breeders in Sivas Province, Türkiye 444-456 Gökçe ÖZDEMİR	444-456
Tarım Arabası İmalat Sürecinin ve Bazı Ortam Koşullarının Bir İşletme Örneğinde İncelenmesi 457-467 Damla ATEŞ, Anıl ÇAY	457-467
Çeltik Üretiminde Enerji Bilançosunun Belirlenmesi (Çorum İli Osmancık İlçesi Örneği) 468-481 Harun HACIOĞLU, Ebubekir ALTUNTAŞ, Mehmet Fırat BARAN	468-481
Modelleme ve Tahmin Amaçlı Veri Ön İşleme Yöntemlerinin Ürün Kurutma Örneği ile Açıklanması 482-500 Cem KORKMAZ, İlyas KACAR	482-500
Trakya Bölgesi'nde Üretilen Bazı Kültür Bitkilerinin İklim Değişimine Uyumunun Modellenmesi 501-516 Anıl Saygın ŞEN, Huzur DEVECİ, Fatih KONUKCU	501-516



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 21

Sayı / Issue 2

Mart / March 2024

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi ve Haritalanması	517-532
Ömer SÖKMEN, Nejat ÖZDEN, Selçuk GÖÇMEZ, Nalan DOYURAN	
Machine Learning-Based Prediction of NPSH, Noise, and Vibration Levels in Radial Pumps Under Cavitation Conditions	533-546
Nuri ORHAN, Mehmet KURT, Hasan KIRILMAZ, Murat ERTUĞRUL	
Optimization of Cellulose Extraction Parameters and Production of Nanocellulose from Black Carrot Juice Wastes	547-560
Nergiz HAYATIOĞLU, İdil TEKİN, Seda ERSUS	

jotaf

Determination of Agricultural Mechanization Level in Kahramanmaraş with Poisson Regress by District

Kahramanmaraş İlinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İlçelere Göre Poisson Regresyon ile Belirlenmesi


İsmail GÖK^{1*}, Mustafa ŞAHİN², Tolga TOLUN³


Abstract

In this study, agricultural mechanization level indicators of the districts of Kahramanmaraş between the years 2012-2021 were calculated. A model has been established for this. While the dependent variable in the model is the agricultural areas planted in the districts according to the years, the independent variables are the number of tractors in the districts according to the years and other determined tools, equipment and machines. Poisson regression test was used, there was 25.022 chi-square probability relationship between the planted agricultural areas in Kahramanmaraş districts between 2012 and 2021, with the number of tractors in the districts and other determined equipment by years. At the level of agricultural mechanization, it was determined that there was a 3.32 decrease in the average number of tractors per 1000 hectares of land in Kahramanmaraş districts between 2012 and 2021, and a decrease of 12.45 in the number of specific equipment per tractor over the years. Among this decrease, it was thought that reasons such as climate change, input costs and job change were among the main reasons for leaving agriculture. In the comparison made from 2012 to 2021, the number of tractors in all districts increased by 54.18%, while the number of tractor equipment was also observed. An increase of 46.11% was observed. In addition, as a result of the trend analysis value applied, it was concluded that the average absolute percentage errors in the districts were 4.10443, the average number of tractors per 1000 hectares by years, and the number of specific equipment per tractor in the districts according to the years was 1.96718, which is a good estimation.

Keywords: Agricultural land, Tractor, Agricultural mechanization

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İsmail Gök, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: gkisoo1995@gmail.com  ORCID: 0000-0002-0759-1187

²Mustafa Şahin, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Kahramanmaraş, Turkey. E-mail: ms66@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0003-3622-4543

³Tolga Tolun, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Turkey. E-mail: tolga_tolun@hotmail.com  ORCID: 0000-0003-4081-1222

Atıf: Gök, İ., Şahin, M., Tolun, T. (2024). Kahramanmaraş İlinde tarımsal mekanizasyon düzeyinin ilçelere göre Poisson regresyon ile belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 285-296.

Citation:Gök, İ., Şahin, M., Tolun, T. (2024). Determination of agricultural mechanization level in Kahramanmaraş with Poisson regress by district. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 285-296.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Bu çalışmada Kahramanmaraş ilinin ilçelerinin 2012-2021 yılları arasındaki tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri hesaplanmıştır. Bunun için bir model kurulmuştur. Modelde bağımlı değişken yıllara göre ilçelerde ekilen tarım alanları olur iken, bağımsız değişkenlerde yıllara göre ilçelerdeki traktör sayısı ve belirlenmiş diğer aletlerdir. Poisson regresyon testinin kullanıldığı bu alanda Kahramanmaraş ilinin ilçelerinin 2012-2021 yılları arasında Kahramanmaraş ilçelerinde ekilen tarım alanlarının, yıllara göre ilçelerdeki traktör sayısı ve belirlenmiş diğer aletleri ile arasında 25.022 ki-kare olabilirlik oranında bir ilişki vardır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinde 2012-2021 yılları arasında Kahramanmaraş ilçelerinde yıllara göre 1000 hektar alana düşen ortalama traktör sayısında 3.32 oranında, yıllara göre traktör başına düşen belirli ekipman sayısında da 12.45 oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Bu azalmanın arasında iklim değişikliği, girdi maliyetleri, iş değişikliği gibi nedenlerden dolayı tarımı bırakmanın temel nedenleri arasında yer aldığı düşünülmüştür. Ayrıca uygulanan trend analiz değerinin sonucunda ortalama mutlak yüzdesel hatalar ise ilçelerin yıllara göre 1000 hektar alana düşen ortalama traktör sayısı 4.10443, ilçelerin yıllara göre traktör başına düşen belirli ekipman sayısı da 1.96718 olarak iyi bir tahmin gerçekleştirildiğinin sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım arazisi, Traktör, Tarımsal mekanizasyon

1. Introduction

Agricultural sector is an economic and social business line with its impact on livelihood and labor force, its contribution to general national income, and the raw materials it provides to the industry in Turkey.

In order to meet the needs of the rapidly increasing human population, a better quality and more measured production area in the agricultural sector working areas is one of the main goals of agricultural production in today's agriculture. This goal makes it inevitable to use technology to accelerate and improve agricultural production. Within the production work areas, agricultural mechanization covers a special area. Agricultural mechanization studies should be used in production in order to obtain higher quality and higher efficiency in unit area and unit time. Agricultural mechanization methods are divided into two basic clusters as power and machines used in the job site. Tractors, which are called force machines in the field of agricultural mechanization, can give power to agricultural-construction machines that do not have the ability to move themselves in various situations in order to fulfill their mobility (Sümer et al., 2003; Sümer et al., 2004).

Agricultural mechanization, use of advanced technological networks in the agricultural sector; It is an important production method that allows widespread use of inputs such as irrigation, fertilization, soil cultivation and maintenance (Korucu et al., 2015). Agricultural mechanization level can show awareness from region to region in terms of both economic and technical levels. Determination of its level with the help of signs of agricultural mechanization; It is important in terms of comparing and interpreting the agricultural mechanization levels of countries, regions and provinces. The most basic power source used in the operation of the fields is the tractor. For this reason, the tractor used by the landowners in the land operation is one of the most important factors in determining the agricultural mechanization levels of the regions. The agricultural mechanization level, which is based on the widely used tractor, is the tractor power per the planted land for production, the number of tractors per 1000 hectares, the production area per one tractor and the number of equipment per one tractor (Sabancı et al., 2003). Agricultural lands; Various studies have been conducted on the size, yield, and average productivity per 1 hectare area (Kök, 1993; Lüle et al., 2012; Akar et al., 2012; Bilim et al., 2014; Bozkurt, 2016; Oğuz et al., 2017; Aslantürk and Altuntaş 2018). According to these studies, to determine the signs of agricultural mechanization and to determine the mechanization effect, based on the size of the agricultural land planted in the districts of Kahramanmaraş between the years 2012-2021, the number of tractors and the determined tractor equipment, and as a result of the results obtained, the mechanization level from the region to the region between the determined periods was made by making comparisons within the districts. detecting the change that may occur.

2. Materials and Methods

2.1. Material

The data of this research was obtained from the Turkish Statistical Institute (TUIK, 2021). According to the data obtained from TUIK, tractor horsepower is 35-50 horsepower, 51-70 horsepower, 70 and more horsepower, lug tractor plow, arc plow and cultivator, which are estimated to be widely used in the equipment of the tractor, and fruits in the planted agricultural lands, Size of agricultural land planted between 2012-2021 in Afşin, Andırın, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Elbistan, Göksun, Nurhak, Onikisubat, Pazarcık, Türkoğlu and Çağlayanerit districts of Kahramanmaraş province, based on beverage and spicy plants, vegetable fields and cereals and other herbal products areas. A database was created about the specified tractor equipment and the number of tractors. A model has been established to determine the level of mechanization. While the dependent variable in the model is the agricultural areas planted in the districts according to the years, the independent variables are the number of tractors in the districts and other determined tools according to the years. It was tested with the poisson distribution method in the SPSS program and a comparison was made between the districts as a result of the years and data determined. Agricultural land cultivated by years in all districts between 2012-2021 *Table 1.A* and it is given in *Table 1.B*.

The total processed parcel size in the districts in 2012 is 2275517 m², in 2013 3236923 m², in 2014 3168249 m², in 2015 3272680 m², in 2016 3015063 m², in 2017 3012018 m², in 2018 3059753 m², in 2019 3183214 m², in 2020 3275806 m² and In 2021, it was determined to be 3218535. In addition, when the total processed parcel size in the districts in 2012 and the total processed parcel size in the districts in 2021 are compared, an increase in the total parcel size processed in the districts was observed by 41.44%.

Table 1.A. Total processed parcel size in districts by year.

Districts	Total Parcel Size Processed by Years				
	2012	2013	2014	2015	2016
Afşin	465279	571975	591262	585041	520283
Andırın	123581	139869	133982	137441	137897
Dulkadiroğlu	-	260721	278840	270480	271755
Ekinözü	54880	57287	57913	59476	53050
Elbistan	651569	789037	675844	812548	768263
Göksun	432367	395509	408389	409696	401786
Nurhak	22151	21111	19785	20110	17812
Onikişubat	-	285647	287291	282687	283001
Pazarcık	339190	492012	495116	483087	365206
Türkoğlu	131039	185061	177950	170392	157967
Çağlayancerit	55461	38694	41877	41722	38043

Table 1.B. Total processed parcel size in districts by year.

Districts	Total Parcel Size Processed by Years				
	2017	2018	2019	2020	2021
Afşin	515353	495761	524733	542292	534596
Andırın	141226	184605	193800	195221	193722
Dulkadiroğlu	280649	296847	305961	320840	258641
Ekinözü	42304	46613	42722	48429	50093
Elbistan	742876	714372	813482	813605	808605
Göksun	402286	401382	383421	394269	393365
Nurhak	21622	21875	22521	23812	28297
Onikişubat	281186	281788	272667	302150	296269
Pazarcık	356573	387593	360641	365816	357829
Türkoğlu	184275	184486	218148	221055	237495
Çağlayancerit	43668	44431	45118	48317	59623

In this research, the total number of tractors used in agricultural lands cultivated in all of the districts between 2012 and 2021 is given in *Table 2*.

Table 2. The total number of tractor equipment in the districts by years.

Districts	Total Number of Tractor Equipment by Years.									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Afşin	2810	2820	2830	2830	2900	2910	2960	3030	3030	3030
Andırın	1618	1625	1625	1635	1635	1685	1685	1691	1691	1724
Dulkadiroğlu	-	1828	2180	1920	1924	1975	2230	2260	2375	2430
Ekinözü	183	185	187	187	187	187	191	194	202	202
Elbistan	6550	6500	6500	6510	7500	7500	7450	7600	8210	9400
Göksun	1445	1455	1480	1490	1504	1521	1521	1530	1537	1544
Nurhak	195	201	201	196	205	212	219	222	227	228
Onikişubat	-	1352	1390	1390	1400	1401	1413	1424	1443	1514
Pazarcık	2428	2428	2428	2428	2430	2438	2438	2440	2440	2440
Türkoğlu	920	940	997	1018	1029	1115	1137	1152	1171	1205
Çağlayancerit	294	294	294	294	308	313	312	312	308	308

The total number of tractor equipment in the districts in 2012 was determined to be 16443, 19628 in 2013, 20112 in 2014, 19868 in 2015, 21022 in 2016, 21257 in 2017, 21556 in 2018, 21855 in 2019, 22634 in 2020 and 24025 in 2021. In addition, when the total number of tractor equipment in all districts in 2012 and the total number of tractor equipment in all districts in 2021 are compared, an increase in the total number of tractor equipment was observed by 46.11%.

2.2. Method

The aim of this study is to determine the degree of impact between the number of tractors and other determined tools, which are thought to be connected to the agricultural areas processed in the districts of Kahramanmaraş between the years 2012-2021. In this, the poisson distribution, which is a statistical analysis method, was used.

2.2.1. Poisson regression

Poisson regression is a mathematical analysis that determines the random degree of a data set, is useful in making the data sets created for analysis fit the institutional curve, and is used in the stage of executing certain predictions from the main data sets (Gerlough and Schuhl, 1955). It is applied to the problems that have occurred in the explanatory variables detected in the cases that have emerged in the period sections that are desired to be analyzed. Model; It sets out by estimating that the logarithm of possible numbers is a linear function of the explanatory variables, since they contain discontinuous and non-negative countable data. Special explanatory variables can be mentioned as the logarithm of the degrees of certain numbers before and after a one-unit increase that may occur in the explanatory variable as soon as all other explanatory variables are assumed to be constant (Köleoğlu, 2006). There are times when the answer variable takes a non-continuous value such as 0,1,2,...,n, but is not categorical. The model with continuous and non-categorical response variables associated with rare events is called the Poisson regression model based on certain assumptions. This model, called the Poisson regression model, is generally used to analyze counting data (Akin, 2002). Since the model is an exponential model, even if it is a negative situation that it causes difficulty and complexity in the interpretation of the coefficients of the model, linear regression analysis is a model that can be alternated in events consisting of the counting data of the answer variable (Deniz, 2005). Poisson regression model; In multiplicative models containing approximate data, when there is a conditional dependence between the explanatory variables, it provides an advantage to those who work because it is an elastic model (Lloyd, 1999). The Poisson regression model is the most used model after the logistic regression model. The most striking feature of this model is that there is an equality between the variance and the mean. However, in many applications it is not possible to achieve this equality.

In the Poisson distribution; If the obtained variance is less than the obtained mean, it is called under-dispersion, and if the obtained variance is greater than the obtained mean, it is called over-dispersion. The dependent variable Y, which is defined as the number of related cases in the Poisson regression;

$$X_1, X_2, \dots, X_n \quad (\text{Eq. 1})$$

If independent variables are given, it is assumed to obtain the Poisson distribution. Thus, it is assumed that there is a linear factor hypothesis derived from the independent variables of the logarithm of μ , which is the Poisson mean (SAS, 2005; Yeşilova et al., 2006). Poisson regression model according to the function in the subject;

$$\text{Log}(\mu) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m \quad (\text{Eq.2})$$

given in the form. in the model μ becomes an exponential factor of the independent variables. $\mu' y_i$,

$$\mu = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m) \quad (\text{Eq.3})$$

can be written as

The Poisson distribution is a type of distribution that can determine the number of events or situations that are likely to occur in a specified place or volume in a specified period. This distribution was introduced by a French mathematician in the 18th century, and he named this distribution the poisson. In the following times, it has taken its current form in the research and analysis of different scientists (Gürsakar, 1997).

The Poisson distribution formula is:

$$P(y; \mu) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!} \quad y=0,1,2,\dots \quad (\text{Eq.4})$$

In equality y_i , the number of occurrences of expected event events, and μ_i ' i is the distribution parameter. Well $E(y_i) = \mu_i$ is in the form.

μ_i ' in Poisson regression model is obtained when it is dependent on the explanatory variables. $\mu - i$ generally $\mu_i = e^{x\beta}$ can be obtained as a supplement. Here x is in the position of the explanatory variable vector. β ' a indicates the parameter vector to be evaluated. The approximate value of the Poisson distribution is:

$$\mu_i = E\left(\frac{y_i}{x_i}\right) = \exp(x_i\beta) \tag{Eq. 5}$$

given in the form. In the statistics branch, the above-mentioned model is referred to as the linear logarithmic model. In the Poisson distribution, the approximate variance is equal.

$$\mu_i = E\left(\frac{y_i}{x_i}\right) = V\left(\frac{y_i}{x_i}\right) \tag{Eq. 6}$$

The state of equality between the mean and the variance is called equal spread. However, in the analysis, the counting variables indicate overdispersion as their variances are larger than the mean in most periods. Since the number of analyzed zero values is overdispersed, the poisson regression model causes situations or events such as unobserved heterogeneity if it exceeds the obtained zero values (Kibar, 2008).

The overdispersion problem occurring in the model is not likely to affect the predictions made in the coefficient or coefficients. However, it has the possibility to have an effect on the estimated standard error area in the model, and within this, it increases the reliability level of the model (AL-Ghirbal and AL-Ghamdi, 2006).

2.2.2. Trend analysis

It is the representation of the long-term fundamental trend in a time series with a curve or a straight line (Yavuz, 2016). In the trend analysis method, the trend equation that best describes the time series is determined and predictions are made for the next times. It can be applied with trend analysis method estimation, moving average analysis method, semester analysis method and least squares analysis method. However, in order to obtain the equation of the trend line, it is necessary to observe various types of equations (logarithmic, exponential, etc.) apart from the least squares analysis method (Witt and Witt, 1992).

3. Results and Discussion

In this research, first of all, a model was established in the districts of Kahramanmaraş as a result of the data set obtained from TUIK between the years 2012-2021, the dependent variable is the agricultural areas planted in the districts according to the years, the number of tractors in the districts according to the years in the independent variables and the other determined equipments, and the hypotheses of the model are:

H0: There is no relationship between the agricultural lands planted in Kahramanmaraş districts between 2012-2021, the number of tractors in the districts by years and other specified equipment.

H1: There is a relationship between the agricultural lands planted in Kahramanmaraş districts between 2012-2021, the number of tractors in the districts by years and other specified equipment.

model:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + u_{it} \tag{Eq. 7}$$

Yit: The size of the agricultural areas planted in Kahramanmaraş districts between 2012-2021 by years.

X1it: Number of tractors found in Kahramanmaraş districts between 2012-2021 by years.

X2it: The number of specific tractor equipment found in Kahramanmaraş districts by years between 2012-2021.

is in the form.

And poisson regression analysis was done by using spss program.

Between the years 2012-2021, the number of tractors found in Kahramanmaraş districts according to the years is 30, as a result of the years specified in the range of 0 to 500 in the districts, and this determined range explains 27.8%. Tractor assets as a result of the years specified in the range of 501 to 1000 are 22, and this specified range explains 20.4%. As a result of the years specified in the range of 1001-1500, the tractor asset is 26 and this specified range explains 24.1%. Tractor assets as a result of the years specified in the range of 1501-2000 are 20, and this specified range accounts for 18.5%. Tractor assets as a result of the years specified in the range of 2501-3000 are 4 and this explains 3.7% of the specified range. The tractor asset as a result of the years specified in the range 3001-3500 is 3, and this specified range explains 2.8%. The tractor asset as a result of the years specified in the range 3501-4000 is 3, and this specified range explains 2.8%.

Table 3. Categorical variable outcome of X1 poisson regression

Categorical Variable Information		
X1	N	Percent
0-500	30	%27.8
501-1000	22	%20.4
1001-1500	26	%24.1
1501-2000	20	%18.5
2501-3000	4	%3.7
3001-3500	3	%2.8
3501-4000	3	%2.8
Total	108	%100

Table 4. Categorical variable outcome of x2 poisson regression

Categorical Variable Information		
X2	N	Percent
0-1000	33	%30.6
1001-2000	40	%37.0
2001-3000	22	%20.4
3001-4000	3	%2.8
6001-7000	4	%3.7
7001-8000	4	%3.7
8001-9000	1	%0.9
9001-10000	1	%0.9
Total	108	%100

Between the years 2012-2021, the number of tractors found in Kahramanmaraş districts by years is 33, as a result of the years specified in the range of 0 to 1000 in the districts, and this determined range explains 30.6%. As a result of the years specified in the range of 1001 to 2000, the tractor asset is 40, and this specified range explains 37%. The number of tractors as a result of the years specified in the 2001-3000 range is 22, which explains 20.4% of the specified range. Tractor assets as a result of the years specified in the range of 3001-4000 are 3, and this specified range explains 2.8%. Tractor assets as a result of the years specified in the range 6001-7000 are 4 and this explains 3.7% of the specified range. Tractor assets as a result of the years specified in the range 7001-8000 are 4 and this explains 3.7% of the specified range. Tractor assets as a result of the years specified in the range 8001-9000 are 1 and this explains 0.9% of the specified range. The tractor asset as a result of the years specified in the range 9001-10000 is 1 and this explains 0.9% of the specified range.

As stated in Table 5., since the probability value is less than 0.05, the null hypothesis is rejected. In other words, in the established model, there is a 25.022 chi-square probability relationship between the agricultural areas planted in Kahramanmaraş districts between 2012 and 2021, with the number of tractors in the districts by years and other specified equipment.

Table 5. Poisson regression chi-square likelihood result

Chi-Square Likelihood Ratio	Degrees of Freedom	Probability
25.022	7	0.001

In addition, at the agricultural mechanization level, the average number of tractors per 1000 hectares of districts by years *Table 6* and the number of specific equipment per tractor in the districts by years is given in *Table 7*.

The average number of tractors per 1000 hectares between the years 2012-2021 in all districts by years; It was determined that it was 3.38 in 2012, 3.94 in 2013, 4.49 in 2014, 4.54 in 2015, 4.88 in 2016, 4.74 in 2017, 4.54 in 2018, 4.50 in 2019, 4.24 in 2020 and 4.36 in 2021. In addition, when the average number of tractors per 1000

hectares of land in 2012 is compared with the average number of all districts by years and the average number of tractors per 1000 hectares of land in 2021, it has been determined that the average number of all districts decreases by 3.32%. Among the reasons for the decrease compared to these years, climate change, input costs, job change were among the main reasons for leaving agriculture. In addition, the trend analysis result of the average number of tractors per 1000 hectares of districts by years is given in *Figure 1*.

Table 6. Average number of tractors per 1000 hectares of districts by years

District	Average Number of Tractors Per 1000 Hectares by Years.									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Afşin	3.32	2.72	2.63	2.66	3.01	3.04	3.19	2.97	2.85	2.86
Andırın	10.89	9.63	10.05	9.95	9.92	9.75	7.46	7.17	7.12	7.19
Dulkadiroğlu	-	2.96	4.42	4.62	4.60	4.49	4.37	4.34	4.22	5.45
Ekinözü	2.00	1.92	1.98	1.93	2.16	2.71	2.55	2.90	2.99	3.05
Elbistan	4.45	3.80	4.43	3.69	4.16	4.33	4.65	4.36	4.37	4.77
Göksun	1.94	2.14	2.10	2.13	2.19	2.26	2.27	2.38	2.31	2.30
Nurhak	7.90	8.19	8.99	9.69	10.61	8.92	9.18	9.14	7.18	6.11
Onikişubat	-	4.56	7.22	7.34	7.33	7.37	7.36	7.61	6.90	7.39
Pazarcık	4.84	3.33	3.31	3.40	4.51	4.64	4.28	4.61	4.54	4.68
Türkoğlu	4.76	3.41	3.70	3.96	4.46	4.01	4.01	3.41	3.48	3.72
Çağlayancerit	0.50	0.72	0.66	0.67	0.76	0.66	0.65	0.70	0.68	0.53

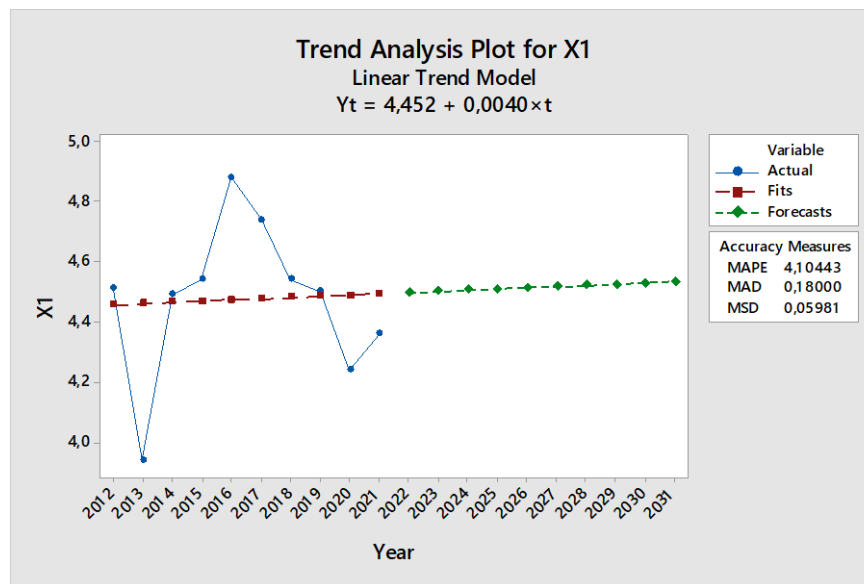


Figure 1. Trend analysis of the average number of tractors (X1) per 1000 hectares of districts by years

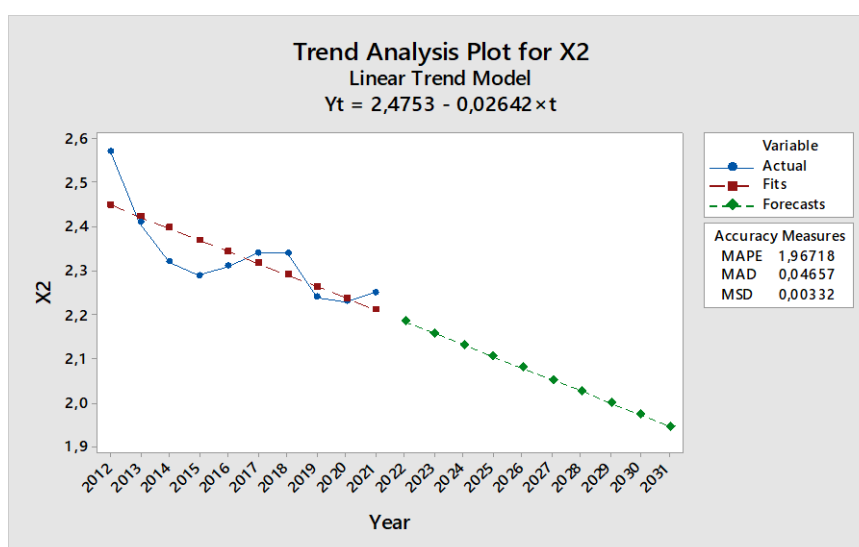
Mean absolute percentile errors (MAPE) measure how much the values estimated by this measure deviate from the true values. From this point of view, a low MAPE value means a better estimation has been made. In *Figure 1*, since the MAPE value is 4.10443, it is concluded that a good estimation has been made.

All district averages of the number of specific equipment per tractor in the districts between 2012-2021; It was determined that it was 2.57 in 2012, 2.41 in 2013, 2.32 in 2014, 2.29 in 2015, 2.31 in 2016, 2.34 in 2017, 2.34 in 2018, 2.24 in 2019, 2.23 in 2020 and 2.25 in 2021. In addition, it has been determined that the number of specific equipment per tractor in the districts in 2012 compared to the average number of all districts and the number of specific equipment per tractor per year in the districts in 2021, compared to the average number of all districts, decreased by 12.45%. Among the reasons for the decrease compared to these years, climate change, input costs, job change were among the main reasons for leaving agriculture.

In addition, the trend analysis result of the number of specific equipment per tractor in the Districts by years is given in *Figure 2*.

Table 7. The number of specific equipment per tractor in the districts by years

District	Average Number of Certain Equipment Per Tractor by Years.									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Afşin	1.81	1.81	1.81	1.81	1.84	1.85	1.86	1.94	1.95	1.98
Andırın	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.22	1.22	1.21	1.21	1.23
Dulkadiroğlu	-	2.36	1.76	1.53	1.53	1.56	1.71	1.69	1.75	1.72
Ekinözü	1.66	1.68	1.62	1.62	1.62	1.62	1.60	1.56	1.39	1.32
Elbistan	2.25	2.16	2.16	2.17	2.34	2.32	2.24	2.14	2.30	2.43
Göksun	1.72	1.71	1.72	1.70	1.70	1.66	1.66	1.67	1.68	1.70
Nurhak	1.11	1.16	1.12	1.10	1.08	1.09	1.08	1.07	1.32	1.31
Onikişubat	-	1.03	0.66	0.66	0.67	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69
Pazarcık	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.46	1.46	1.46	1.45
Türkoğlu	1.47	1.48	1.51	1.50	1.45	1.50	1.53	1.54	1.51	1.36
Çağlayancerit	10.50	10.50	10.50	10.50	10.62	10.79	10.75	9.75	9.33	9.62

**Figure 2. Trend analysis of the number of specific equipment per tractor (X2) of the districts by years**

Mean absolute percentile errors (MAPE) measure how much the values estimated by this measure deviate from the true values. From this point of view, a low MAPE value means a better estimation has been made. As the MAPE value is 1.96718 in *Figure 2*, it is concluded that a good estimation has been made.

Agricultural lands in various regions of Turkey; Various studies have been carried out on the size, yield, and average yield per 1 hectare area. While the average tractor horsepower falling was 2.1-246.6, it was determined that the number of tools or machines falling on a tractor changed as 2,4-17.8 (Koçtürk and Onurbaş, 2007). As a result of a study conducted in the Eastern Mediterranean in Turkey, it was determined that the average tractor horsepower is 47.83 kW and the annual working time of a tractor is 600 hours (Aybek and Senel, 2009). According to the results of a research conducted in Eğirdir district of Isparta province, the number of tractors per farm was 0.79, agricultural machinery was 4.70 and equipment per tractor was 5.17. In addition, it has been determined that the average tractor power is 39.92 kW, the annual tractor operating hours are 380.65 and the production of horticultural crops on 45.22% of the lands, and the apple area takes the first place with a 43.65% share in the crop pattern (Gökdoğan and Bayhan 2011). As a result of a study conducted in the province of Kırklareli in Turkey, 833 machine equipment support from 23 different types of machines was provided within the scope of 50% grant between 2007 and 2012, and it was determined by the research that both the renewal of old machines and the use of new technological machines were made possible in the region (Baran and Akbayrak, 2013). As a result of a study conducted in Kahramanmaraş, the total number of tractors in Kahramanmaraş between 2008-2013 is 10561-12165 and the average tractor power is 41.5-40.59 kW. The production area values are 366 251-359 578 ha and the number of agricultural tools-machines is 48 734-62 848. Mechanization level indicator values of Turkey were determined as 1.98-2.37 kW/ha, 44.02-52.23 tractor/1000 ha,

22.71-19.15 ha/tractor and 5.28-5.09 tool-machine/tractor (Korucu et al., 2015). As a result of a study conducted in Denizli, it was determined that the average tractor horsepower was 35.93 kW, the average number of tools and machinery per tractor was 4.5, and the average number of tractors per 1000 hectares was 82.74 (Doruk, 2016). As a result of a study conducted in Muş province, the average tractor horsepower is 40 kW, the average tractor horsepower per 1000 hectares of land is 2.65 kW, the average number of tractors per 1000 hectares is 65.6, and the number of tools and machines per tractor is determined as 4.80 (Akar and Çelik, 2017). As a result of a study conducted in Turkey and the Thrace region and the provinces of Edirne, Kırkkale and Tekirdağ, the number of tractors per 1000 hectares between 2008 and 2017 was 27.9% in Turkey, 3.7% in the Thrace region, 13.9% in Edirne and 6.1% in Kırklareli. While there is an increase, there is a decrease of 5.8% in Tekirdağ and according to the trend analysis, it has been determined that the tractor horsepower per 1000 hectares of land is expected to be 3.01 kW in 2023 in the Thrace region (Abdikoğlu, 2019). As a result of a study conducted in Dereköy neighborhood of Biga district of Çanakkale province in Turkey, it has been determined that agricultural mechanization and production inputs have decreased significantly due to the decrease in the number of parcels and the increase in the size of parcels with consolidation, and at the same time, all the inputs spent for production, including the depreciation expenses of the tractor, have decreased at a high rate. (Irmaklı and Aydın, 2022).

4. Conclusions

The aim of this research is to determine the signs of agricultural mechanization and to determine the effect of mechanization based on the total land size, number of tractors and determined tractor equipment in the districts of Kahramanmaraş between the years 2012-2021. is to determine the change that may occur in the level of mechanization to the region.

The sample of this study was obtained from the Turkish Statistical Institute (TUIK). According to the data obtained from TUIK, tractor horsepower is 35-50 horsepower, 51-70 horsepower, 70 and more horsepower, lug tractor plow, arc plow and cultivator, which are estimated to be widely used in the equipment of the tractor, and fruits in the planted agricultural lands, Size of agricultural land planted between 2012-2021 in Afşin, Adıran, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Elbistan, Göksun, Nurhak, Onikisubat, Pazarcık, Türkoğlu and Çağlayancerit districts of Kahramanmaraş province, based on beverage and spicy plants, vegetable fields and cereals and other herbal products areas. A database was created about the specified tractor equipment and the number of tractors. For the estimation results obtained in the research, poisson regression analysis and trend analysis methods were used. According to the estimation results, there is a 25.022 chi-square probability relationship between the agricultural areas planted in Kahramanmaraş districts between 2012 and 2021, with the number of tractors in the districts by years and other specified equipment. At the level of agricultural mechanization, it was determined that there was a 3.32 decrease in the average number of tractors per 1000 hectares of land in Kahramanmaraş districts between 2012 and 2021, and a decrease of 12.45 in the number of specific equipment per tractor over the years. Among this decrease, it was thought that reasons such as climate change, input costs and job change were among the main reasons for leaving agriculture. In addition, as a result of the trend analysis value applied, it has been concluded that the average absolute percentage errors in the districts are 4.10443, the average number of tractors per 1000 hectares by years, and the number of specific equipment per tractor in the districts is 1.96718, according to the years.

The reasons for not obtaining full good results in the districts of Kahramanmaraş as a result of the data obtained from TUIK are that the specified time interval was kept short and the criteria under the preference sub-title were chosen more in the data obtained. . In order to avoid these and similar problems in future article or thesis research, the specified period should be kept wider, and regions or regions dealing with agriculture should be preferred.

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: İsmail GÖK, Mustafa ŞAHİN and Tolga TOLUN; Design: İsmail GÖK, Mustafa ŞAHİN and Tolga TOLUN; Data Collection or Processing: İsmail GÖK and Mustafa ŞAHİN; Statistical Analyses: İsmail GÖK and Mustafa ŞAHİN; Literature Search: İsmail GÖK and Tolga TOLUN; Writing: İsmail GÖK, Mustafa ŞAHİN and Tolga TOLUN .

References

- Abdikoğlu, D. İ. (2019). Determination of agricultural mechanization level by provinces in Thrace Region. *Journal of Agriculture and Nature*, 22(6):865-871.
- Akar, M., and Çelik, A. (2017). Agricultural Mechanization Characteristics of Muş Plain Agricultural Enterprises, *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 4(4):491-498.
- Akar, M., Malaslı, M. Z. and Çelik, A. (2012). Agricultural Mechanization Characteristics of Hatay Province. *27th Agricultural Mechanization National Congress*, 5-7 September, Samsun, Türkiye.
- Akın, F. (2002). Qualitative Analysis of Preference Models, Ekin Bookstore, Bursa, Turkey.
- Al-Ghirbal. A. S. and Al-Ghamdi A. S. (2006). Predicting severe accidents rates at roundabouts using Poisson distribution. TRB Annual Meeting, TRB 06-1684.
- Aslantürk, B. and Altuntaş, E. (2018). Agricultural mechanization level of Malatya province. *Gaziosmanpaşa Scientific Research Journal*, 7(2):15-26.
- Aybek, A. and Şenel, H. (2009). Mechanization properties and users'evaluation of farm tractors in Eastern Mediterranean Turkey. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 5(1):21-27.
- Baran M.F. and Akbayrak B. (2013). The Effect of the agricultural machinery grant program on the mechanization development of Kırklareli Province. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(2): 53-57.
- Bilim, C., Korucu, T. and Semerci, T. (2014). Agricultural mechanization characteristics of gaziantep province. *KSU Journal of Natural Sciences*, 17(2):14-23.
- Bozkurt, M. (2016). *Agricultural structure mechanization properties in Şanlıurfa Province Harran Plain determination of production techniques and technologies*. (MSc. Thesis). Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Institute of Science, Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Deniz, Ö. (2005). Poisson regression analysis. *Istanbul Commerce University Journal of Science*, 4(7):59-72.
- Doruk, İ. (2016). Investigation of agricultural mechanization level of Denizli Province. *Turkish Journal of Agriculture and Natural Sciences*, 3(4): 324-331.
- Gerlough, D. L. and Schuhl, A. (1955). Use of Poisson Distribution in Highway Traffic – The Probability Theory Applied to Distribution of Vehicles on Two-Lane Highways, Saugatuck, Connecticut, USA: The ENO Foundation for Highway Traffic Control, 1-58.
- Gokdogan, O. and Bayhan, A. K. (2011). Mechanization level of Egidir District agricultural enterprises. *Adnan Menderes University Journal of Agriculture Faculty*, 8(1):23-29.
- Gürsakar, N. (1997). Computer Applied 1. Marmara Bookstore, Bursa, Turkey.
- Irmaklı P.G. and Aydın A. (2022). Contribution of Land Consolidation to Agriculture and Agricultural Mechanization. Çanakkale-Biga-Dereköy example. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(3): 582-599.
- Kibar, F. T. (2008). *Traffic accidents and establishment of accident prediction model in the example of Trabzon divided coastal road*. (MSc. Thesis). Karadeniz Technical University, Institute of Science and Technology, Trabzon, Türkiye.
- Koçtürk, D. and Onurbaş, A. A. (2007). Determination of agricultural mechanization level by regions and provinces in Turkey. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 3(1): 17-24.
- Kök, M. (1993). *A Research on agricultural mechanization characteristics of Tunceli Province and examination of these features in terms of agricultural potential of the region*. (MSc Thesis) Çukurova University, Institute of Science, Department of Agricultural Machinery, Adana, Türkiye.
- Köleoğlu, N. (2006). *Random effects in event time analysis investigation of unobservable heterogeneity with poisson regression model*. (Ph.D Thesis) Marmara University, Institute of Social Sciences, Istanbul, Türkiye.
- Korucu, T., Aybek, A., Sivrikaya, F., Gürlek, E., Mert, C., Kozak, B. (2015). Mapping and evaluation of agricultural mechanization level of Kahramanmaraş Province. *KSU Journal of Natural Sciences*, 18(2):10-24.
- Lloyd, C. J. (1999). Statistical Analysis of Categorical Data, New York, U.S.A.
- Lüle, F., Koyuncu, T. and Engin, K. E. (2012). Agricultural Mechanization Level of Adıyaman Province. *27th Agricultural Mechanization National Congress*, 5-7 September, Samsun, Türkiye.
- Oguz, C., Bayramoğlu, Z., Mouzan, S. and Mouzan, K. (2017). Agricultural mechanization in agricultural enterprises usage level, example of Konya Province. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(1): 63-72.
- Sabancı, A., Sümer, S. K., Say, M. S. and Has. M. (2003). Economic Tractor Park and Its Development in Turkey. *21st Agricultural Mechanization National Congress*, 3-5 September, Konya, Türkiye.
- SAS., (2005). SAS/STAT Software: Hangen and Enhanced. SAS, Inst. Inc., USA.

- Sümer, S. K., Has, M. and Sabancı, A. (2004). Technical specifications of agricultural tractors produced in Turkey. *Çukurova University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19(1):17-26.
- Sümer, S. K., Say, S. M., Has, M. and Sabancı, A. (2003). Economic tractor park and its development in Turkey. *Çukurova University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(4):45-52.
- Witt, S. F. and Witt, C. A. (1992). *Modeling and Forecasting Demand in Tourism*, Academic Press, London, England.
- Yavuz, H. (2016). *Evaluation of livestock support policies in terms of agricultural enterprises*. (MSc. Thesis). Gaziosmanpaşa University, Institute of Science, Department of Agricultural Economics, Tokat, Türkiye.
- Yeşilova, A., Yılmaz, A. and Kaki, B. (2006). The use of nonlinear regression models in the analysis of some discrete reproduction behavioral traits of Norduz male lambs. *Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Science*, 16(2):87-92.

Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) Çimlenme ve Biyomas Üzerine Etkisinin Belirlenmesi*


Determination of the Effect of Biochar Applications on Soil Physical and Chemical Properties and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Germination and Biomass


Bilgehan ŞENAY¹, Mahmut TEPECİK^{2*}

Özet

Bu çalışma, biyokömür uygulamalarının Kayra ekmeçlik buğday çeşidi yetiştirilen toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, saksı denemesi şeklinde tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve beş farklı dozda 0 (B0), 10 (B1), 20 (B2), 40 (B3) ve 80 (B4) t ha⁻¹ biyokömür uygulanmıştır. Biyokömür uygulamalarına göre toprakta en yüksek pH, EC, kireç, organik madde, toplam N, alınabilir P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu ve B değerleri sırasıyla 7.66, 2.26 mS cm⁻¹, % 3.55, %2.81, %0.201, 48.89 mg kg⁻¹, 1172.89 mg kg⁻¹, 2268,88 mg kg⁻¹, 186.92 mg kg⁻¹, (101.43 mg kg⁻¹, 2.34 mg kg⁻¹, 2.40 mg kg⁻¹, 7.33 mg kg⁻¹, 1.79 mg kg⁻¹ ve 1.08 mg kg⁻¹ ile en yüksek değerleri B4 (80 t ha⁻¹) uygulamasında belirlenmiştir. Biyokömür uygulamalarına göre toprakta en düşük değerler pH, EC, kireç, organik madde, toplam N, alınabilir P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu ve B değerleri ise 7.45, 0.87 mS cm⁻¹, % 2.28, % 1.28, % 0.078, 14.92 mg kg⁻¹, 344.84 mg kg⁻¹, 2171,68 mg kg⁻¹, 129.01 mg kg⁻¹, 47.09 mg kg⁻¹, 1.25 mg kg⁻¹, 1.82 mg kg⁻¹, 4.52 mg kg⁻¹, 1.61 mg kg⁻¹ ve 0.71 mg kg⁻¹ B0 (kontrol) uygulamasında saptanmıştır. Buğday tohumlarında en yüksek çimlenme oranı %95.41 ile B2 ve en düşük çimlenme oranı ise %90.12 ile B0 uygulamalarında saptanmıştır. Biyokömür uygulamalarının bitkinin yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi sırasıyla B2 uygulamasında en yüksek (11.42 ve 2.21 gr saksı⁻¹) değerleri ve B0 uygulamasında sırasıyla (10.01 ve 1.93 gr saksı⁻¹) en küçük değerleri aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Buğday, Çimlenme, Bitki besin elementi, Toprak verimliliği

¹Bilgehan Şenay, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir, Türkiye. E-mail: nba.bilgehan@gmail.com  OrcID: [0000-0001-7862-257X](https://orcid.org/0000-0001-7862-257X)

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mahmut Tepecik, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir, Türkiye. E-mail: mahmut.tepecik@ege.edu.tr  OrcID: [0000-0001-6609-4538](https://orcid.org/0000-0001-6609-4538)

Atıf: Şenay, B., Tepecik, M. (2024). Biyokömür uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile buğdayın (*Triticum aestivum* L.) çimlenme ve biyomas üzerine etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 297-308.

Citation: Şenay B, Tepecik M. (20XX). Determination of the effect of biochar applications on soil physical and chemical properties and wheat (*Triticum aestivum* L.) germination and biomass. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 297-308.

*Bu çalışma Bilgehan Şenay'ın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

In this study, in order to determine the effects of biochar applications on the physical and chemical properties of soils grown in Kayra bread wheat variety, this study was carried out in the form of a pot experiment in a randomized plot design with three replications and at five different doses 0 (B0), 10 (B1), 20 (B2), 40 (B3) and 80 (B4) t ha⁻¹ biochar were applied. According to biochar applications, the highest pH, EC, lime, organic matter, total N, available P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu and B values in the soil are 7.66, 2.26 mS cm⁻¹, 3.55%, 2.81%, 0.201%, 48.89 mg kg⁻¹, 1172.89 mg kg⁻¹, 2268.88 mg kg⁻¹, 186.92 mg kg⁻¹, 101.43 mg kg⁻¹, 2.34 mg kg⁻¹, 2.40 mg kg⁻¹, 7.33 mg kg⁻¹, 1.79 mg kg⁻¹ and 1.08 mg kg⁻¹ respectively the highest values were determined in B4 (80 t ha⁻¹) application. The lowest values in soil according to biochar applications were pH, EC, lime, organic matter, total N, the available P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu and B values are 7.45, 0.87 mS cm⁻¹, 2.28%, 1.28%, 0.078%, 14.92 mg kg⁻¹, 344.84 mg kg⁻¹, 2171.68 mg kg⁻¹, 129.01 mg kg⁻¹, 47.09 mg kg⁻¹, 1.25 mg kg⁻¹, 1.82 mg kg⁻¹, 4.52 mg kg⁻¹, 1.61 mg kg⁻¹ and 0.71 mg kg⁻¹ detected in B0 (control) application. The highest germination rate in wheat seeds was found in B2 with 95.41% and the lowest germination rate was found in B0 applications with 90.12%. It was determined that the effects of biochar applications on the fresh and dry weight of the plant were the highest in B2 application (11.42 and 2.21 gr pot⁻¹) and the lowest values in B0 application (10.01 and 1.93 gr pot⁻¹), respectively. It was detected in 09 mg kg⁻¹, 1.25 mg kg⁻¹, 1.82 mg kg⁻¹, 4.52 mg kg⁻¹, 1.61 mg kg⁻¹ and 0.71 mg kg⁻¹ B0 (control) application. The highest germination rate in wheat seeds was found in B2 with 95.41% and the lowest germination rate was found in B0 applications with 90.12%. It was determined that the effects of biochar applications on the fresh and dry weight of the plant were the highest in B2 application (11.42 and 2.21 gr pot⁻¹) and the lowest values in B0 application (10.01 and 1.93 gr pot⁻¹), respectively. It was detected in 09 mg kg⁻¹, 1.25 mg kg⁻¹, 1.82 mg kg⁻¹, 4.52 mg kg⁻¹, 1.61 mg kg⁻¹ and 0.71 mg kg⁻¹ B0 (control) application. The highest germination rate in wheat seeds was found in B2 with 95.41% and the lowest germination rate was found in B0 applications with 90.12%. It was determined that the effects of biochar applications on the fresh and dry weight of the plant were the highest in B2 application (11.42 and 2.21 gr pot⁻¹) and the lowest values in B0 application (10.01 and 1.93 gr pot⁻¹), respectively.

Keywords: Biochar, Wheat, Germination, Plant nutrient, Soil fertility

1. Giriş

Biyokömür, sınırlı oksijenle veya anaerobik koşullar altında yüksek sıcaklıkta biyokütlenin pirolizi ile elde edilen aromatik ve karbonca zengin bir madde olarak tarif edilmektedir (Woolf ve ark., 2010). Biyokömürün uzun bir süre boyunca karbon tutma potansiyeli nedeniyle siyah karbon veya kömür olarak da adlandırılmaktadır (Lehmann ve ark., 2006). Son yıllarda dünyada organik atıkların geri kazanımına verilen önem hızla artmış ve biyokütlenin dönüşümüne yönelik çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Tarımsal atıklar, ormancılık atıkları ve arıtma çamuru gibi pek çok materyal biyokömür üretiminde kullanılabilir (Namlı ve ark., 2017; Banik ve ark., 2018; Xu ve ark., 2019). Biyokömür gözenekli yapısı, geniş spesifik yüzey alanı, güçlü adsorpsiyon kapasitesi ve zengin karbon içeriği gibi özelliklere sahip olduğundan, mükemmel bir toprak iyileştirme malzemesi olarak kullanılmaktadır (Butnan ve ark., 2017; El-Naggar ve ark., 2018). Tarımsal verimlilik potansiyelindeki değişiklikler, artan insan nüfusu, kentleşme ve iklim değişikliği gibi sorunlar tarımsal üretim sistemleri üzerinde artan baskılar oluşturmaktadır. Bu nedenle, besin arzı, talep, geri dönüşüm ve su kullanımını dâhil olmak üzere tarımsal üretimi etkileyen çok çeşitli sorunları için agro ekosistemlerin tasarımı ve işlevinin yeniden ele alınması gerekliliği belirtilmiştir (Lal, 2013). Potansiyel bir çözüm olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileştirmeler sağlayan, toprak organik madde düzeyini arttıran veya sürdürmeye yardımcı olan organik besin maddelerini toprağa geri dönüştürmek olabilir (Girmay ve ark., 2008). Biyokömür, toprak özelliklerini iyileştirmek için potansiyel bir araçtır. Toprak verimliliğini artırması, topraklardaki ağır metaller ve kirleticileri hareketsiz hale getirmesi gibi özellikleri nedeniyle toprak düzenleyici olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Zhu ve ark., 2017; Huang ve ark., 2018). Tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, evsel atıklar ve endüstriyel atıklar dahil olmak üzere farklı materyaller organik madde kaynakları olarak kullanılmaktadır (Ali ve ark., 2011; Quilty ve Cattle, 2011). Biyokömür, organik ve endüstriyel atıklar (örneğin çamurlar, gübre), bitki bazlı malzemeler (örneğin yapraklar, kabuklar, tohumlar, koçanlar) ve ağaç bazlı ürünler (örneğin talaş, odun peletleri, ağaç kabuğu). Biyokömür ayrıca farklı pirolitik sıcaklık ve piroliz sürelerinde üretilebilir (Mukherjee ve Zimmerman, 2013). Tarım topraklarımızın organik madde içerikleri göz önüne alındığında yaklaşık %89 kadarının az (%1-2) sınıfta yer aldığı biyokömür uygulamalarının organik madde üzerine etkileri bakımından önem taşıdığı bildirilmiştir (Gezgin, 2018). Bu amaçla biyokömürün tarımda kullanımıyla ilgili araştırmalar, toprak verimliliğini ve mahsul verimliliğini iyileştirdiği için sürdürülebilir tarım için faydalı eylemleri nedeniyle son yirmi yılda önemli ölçüde ilerlemiştir. Hem endüstriyel düzeyde hem de tarım işletmeleri düzeyinde yürütülen tarımsal işlemler sonucu ortaya çıkan bitkisel ve hayvansal atıklar büyük bir çevresel yük haline gelebilmekte; ayrıca bu gibi atıklar, yer altı ve yer üstü suların kirlenmesine sebep olabilmektedir (Matteson ve Jenkins, 2007). Bu atıkların piroliz yoluyla değerlendirilmesi ile biyo enerji elde edilebileceği (Bridgwater, 2003) gibi, özellikle hayvan çiftlikleri için önemli bir avantaj sağlaması adına hacimlerinde ve ağırlıklarında da önemli düşüşler sağlanabilmektedir (Cantrell ve ark., 2007). Biyokömürün atık yönetimini kolaylaştırarak etkin bir atık yönetimi sağlaması, zengin karbon içeriği ile sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği üzerine olumlu etkileri ile biyokömür uygulamaları avantajlar sağlamaktadır (Lehmann ve ark., 2003; Van Zwieten ve ark., 2014). Bununla birlikte, uygulanacak organik materyalin seçimi önemlidir. Çünkü bazı organik madde kaynakları materyalin kalitesine bağlı olarak toprak üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir (Jones ve Healey, 2010).

Bu çalışma, domates bitkisinin hasat sonrasındaki atıklarından 500°C'lik sıcaklıkta elde edilen biyokömürün buğday bitkisine farklı dozlarda uygulanarak, toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, EC, kireç, O, madde, N, P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu ve B), tohum çimlenme oranı ve bitki biyoması üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Saksıda yürütülen bu çalışmanın toprağı Menemen ovasından alınarak havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten eleme sonrası analizlerde kullanılmıştır. Deneme toprağının analiz parametreleri *Tablo 1*'de izlenmektedir.

Denemede kullanılan biyokömür; domates bitkisinin hasat sonrasında kalan bitki materyallerinden 500°C'lik sıcaklıkta elde edilmiş ve denemede kullanılmıştır. Denemede kullanılan biyokömürün analiz sonuçları *Tablo 2*'de sunulmuştur.

Tablo 1. Saksı denemesi toprak analiz sonuçları

Table 1. Pot experiment soil analysis results

Parametre	Değer	Parametre	Değer
pH (1:2.5)	7.75	Alınabilir K (mg kg ⁻¹)	178.56
E.C (dS m ⁻¹)	0.36	Alınabilir Ca (mg kg ⁻¹)	2292.74
Kireç (%)	3.12	Alınabilir Mg (mg kg ⁻¹)	115.08
Kum (%)	52.16	Alınabilir Na (mg kg ⁻¹)	24.17
Mil (%)	36.72	Alınabilir Fe (mg kg ⁻¹)	2.14
Kil (%)	11.12	Alınabilir Zn (mg kg ⁻¹)	1.03
Bünye	Tın	Alınabilir Mn (mg kg ⁻¹)	3.98
Organik madde (%)	1.12	Alınabilir Cu (mg kg ⁻¹)	0.84
Toplam N (%)	0.067	Alınabilir B (mg kg ⁻¹)	0.51
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	6.21		

Tablo 2. Biyokömür analiz parametre sonuçları

Table 2. Biochar analysis parameter results

Parametre	Değer	Parametre	Değer
pH (1:10)	9.90	Toplam Ca (%)	5.45
E.C (dS m ⁻¹)	13.79	Toplam Mg (%)	1.38
O. Madde (%)	68.22	Toplam Na (mg kg ⁻¹)	1895.20
C/N	18.14	Toplam Fe (mg kg ⁻¹)	3328.04
O.C (%)	38.46	Toplam Zn (mg kg ⁻¹)	84.98
Toplam N (%)	2.12	Toplam Mn (mg kg ⁻¹)	173.02
Toplam P (%)	0.27	Toplam Cu (mg kg ⁻¹)	63.01
Toplam K (%)	3.46	Toplam B (mg kg ⁻¹)	45.38

Saksı denemesi şeklinde yürütülen çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Biyokömür uygulama dozları kontrol (B0), 10 t ha⁻¹ (B1), 20 t ha⁻¹ (B2), 40 t ha⁻¹ (B3) ve 80 t ha⁻¹ (B4) uygulamaları yapılarak, Kayra ekmeçlik buğday çeşidi yetiştirilmiştir. Biyokömür uygulama dozları bu konuda yapılan çalışmalar (Turhan ve Özmen, 2021) dikkate alınarak belirlenmiştir. Saksı denemesi 2 Nisan 2021 tarihinde 5 kg toprak içeren saksılarda kurularak yürütülmüştür. Denemedeki tüm saksılara tohum ekimi ile beraber 15 kg da⁻¹ N, 10 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 10 kg da⁻¹ K₂O uygulamaları sırasıyla azot Amonyum sülfat, fosfor Diamonyum fosfat (DAP) ve potasyum ise potasyum sülfat (K₂SO₄) olarak ilave edilmiştir. Ekimle beraber azotun 1/3'ü, fosfor ve potasyumun tamamı uygulanmıştır. Saksılara materyal karışımı konduktan sonra her bir saksıya 20 adet buğday tohumu ekimi yapılmıştır. Kardeşlenme döneminde azotun geriye kalan 1/3'ü Üre (%46 N) ve kalan 1/3'ü ise sapa kalkma döneminde Amonyum nitrat (%33 N) gübresi ile uygulanmıştır. Deneme süresince sulama suyu miktarı; toprağın tarla kapasitesinden azalan su miktarının belirlenmesi ile çeşme suyu ile saksılara ilave edilmiş ve saksıların altına yer almış olan plastik saksı altlığına sızan su, saksılara tekrar ilave edilmiştir. Tohum çıkışları 9 Nisan'da başlamıştır. Tohum çıkışlarından sonra saksılarda 10 adet tohum bırakılmıştır, 82 günlük yetiştiricilik döneminin ardından 30 Haziran 2021 tarihinde sonlandırılmıştır. Her bir saksıyı temsil eden toprak örnekleri toprak yüzeyinden aşağıya doğru dikey kesitler halinde alınmıştır. Daha sonra, numuneler kurutulup analizler için 2 mm elekten elenmiştir. Toprak Reaksiyonu (pH): saf su (1:2.5 toprak: su) ile doymun şekle getirilen örneklerde saptanmıştır (Jackson, 1967). Elektriksel geçirgenlik (EC) suda saf su ile doymun şekle getirilen toprak örneklerinde belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1951). Kireç (CaCO₃): Kireç tayini Scheibler kalsimetresi ile hesaplanmıştır (Schlichting ve Blume, 1966). Organik Madde: Modifiye Walkler-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Jackson, 1967). Toplam Azot (N): Kjeldahl yöntemi Bremner, (1965)'e göre belirlenmiştir. Alınabilir Fosfor: Olsen Metoduna göre toprak örnekleri pH'sı 8.5'e ayarlı 0.5 M Sodyum bikarbonat çözeltisi ile ekstrakte edilerek spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Olsen ve Dean, 1965). Alınabilir K, Mg, Ca ve Na: Toprakların alınabilir K, Mg, Ca ve Na elementleri 1N NH₄OAc ile edilen süzüklerde K, Ca, Na elementleri alev fotometrede, Mg ise Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçülmüştür (Pratt ve Holowaychuk, 1954). Alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mnelementleri toprak örneklerinin pH'sı 7.3'e ayarlı 0.005M DTPA çözeltisi ile çalkalanıp süzülmesi sonucu Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçülmüştür (Lindsay ve Norvell, 1978). Bor, sıcak su ile ekstrakte edilmiş örneklerde spektrofotometrede azomethin-H yöntemi ile belirlenmiştir (Wolf, 1971).

2.1 İstatistik Analiz

Tesadüf parselleri deneme desenine göre tek faktörlü ve 3 tekrarlı olarak elde edilen verilere, JMP (sürüm 5.0) istatistik programı uygulanmıştır ve ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için %5 önem düzeyinde Tukey testi kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1 Biyokömür uygulamasının toprağın fiziksel özelliklerine etkisi

Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkisi *Tablo 3'*de sunulmuştur. Biyokömür materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık bulunmaktadır. Toprak pH değeri 7.45-7.66 değerleri arasında değişim göstermiş en yüksek pH değeri 7.66 ile B4 uygulamasında ve en küçük değer 7.45 ile B0 uygulamasında belirlenmiştir. Toprak pH'sındaki artışın nedeni çalışmada uygulanan biyokömürün yüksek pH (9.90) değerine sahip olması ile açıklanabilir. Chan ve ark. (2008), biyokömür uygulamasının toprak pH'ını 5.0'dan 6.6'ya yükselttiğini rapor etmektedir. Biyokömür dozuna bağlı olarak toprak pH değerinin artış gösterdiği izlenmektedir. Biyokömür uygulamalarının toprağın pH'sında artışa neden olduğu birçok araştırmacı tarafından (Saygan ve Aydemir, 2016; Namlı ve ark., 2017; Majeed ve ark., 2018; Turan, 2019) bildirilmiştir. Biyokömür ilavesinden sonra toprak pH'sındaki artış, biyokömürün karbonat ve oksit formları olarak kalsiyum, magnezyum ve potasyum tuzları içermesi ve bunların da toprak çözeltisinde çözünme kabiliyetine sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Gaskin ve ark., 2010; Joseph ve ark., 2010). Biyokömürün toprak pH'sı üzerindeki etkileri, piroliz işlemi sırasında meydana gelen kül ile ilgili olduğu belirtilmiştir (Silva ve ark., 2017). Kül, potasyum karbonat (KHCO_3) ve kalsiyum karbonat (CaCO_3) gibi toprak asitliğini düzeltici olarak işlev gören ve değişebilir baz içeriği bakımından zengindir (Domingues ve ark., 2017). Biyokömürde çeşitli fonksiyonel grupların (esas olarak oksijen içeren gruplar, örneğin karboksil-COOH ve hidroksil-OH) yer alması ve bu fonksiyonel grupların davranışı, çözelti pH'sını değiştirdiği belirtilmiştir (Oh ve ark., 2012; Tan ve ark., 2015). Biyokömürün bazik özellik gösterdiğini ve uygulandığında toprak pH'sını arttırdığını belirtmektedir (Qadeer ve ark., 2014). Toprak pH değerinin biyokömür uygulamaları ile artış (yükselmesi) göstermesi toprağın yüksek tamponlama kapasitesinden ve biyokömürün alkalik pH'sından kaynaklanmaktadır (Silva ve ark., 2010). Biyokömürler genellikle alkalidir ve bu nedenle uygulamadan sonra toprak pH'sında değişiklikler meydana getirdiği ifade edilmiştir (Joseph ve ark., 2010; Akay, 2022). Biyokömür uygulamalarının toprağın Elektriksel kondüktivite (EC) (mS cm^{-1}) değeri üzerine önemli etkisi olmuştur. Biyokömür uygulamalarına bağlı olarak artış göstermiş 2.26 ile en yüksek değeri B4 uygulamasında, 0.87 ile en küçük değeri B0 uygulamasında belirlenmiştir. Toprağın EC değeri B4 (2.26 ± 0.19) > B3 (1.85 ± 0.18) > B2 (1.63 ± 0.12) > B1 (1.50 ± 0.33) > B0 (0.87 ± 0.11) şeklinde sıralanmıştır. Biyokömür uygulama dozuna bağlı olarak toprağın EC değeri pozitif yönde artış eğilimi göstermiştir. Toprakta artan dozda biyokömür uygulamalarının, toprağın EC değerlerinde önemli düzeyde artış gösterdiği tınlı kum ve kumlu killi tın bünyesine sahip topraklarda en yüksek EC değerinin 40 t ha^{-1} uygulamasından elde edildiği rapor edilmiştir (Mavi ve ark., 2018). Biyokömür ilavesi ile EC değerinde artış (%1-4) olduğu belirtilmiştir (Singh ve ark., 2019). Biyokömürde bulunan bazik katyonlar, toprak çözeltisinde çözünerek toprak EC değerini artırdığı söylenebilir (Shetty ve Prakash, 2020). Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre yüksek miktarda kül mevcut olduğunda biyokömür uygulamalarının toprak EC değeri önemli ölçüde artırdığı bildirmiştir. Otsu hammaddelerden elde edilen biyokömürler ağaç kökenli materyalden elde edilen biyokömürlerden daha fazla kül içeriğine sahip olması nedeniyle toprak EC üzerinde daha büyük etki meydana getirmektedir (Kloss ve ark., 2012). Uygulanan biyokömür kireç düzeyi üzerine önemli etki yapmıştır. Topraktaki en az kireç miktarı %2.28 değeri ile B0 uygulamasında en büyük değeri ise %3.55 ile B4 uygulamasında belirlenmiştir. Toprakların kireç içeriği uygulamalar ile artış göstermiş ve %2.28-3.55 aralığında saptanmıştır. Toprakların kireç değerleri Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından belirtilen değerlere (1.0-5.0) göre kireçli sınıfta yer aldığı izlenmektedir.

Organik madde (O.M) miktarı uygulamalara göre istatistiksel olarak farklılık göstermiş ve uygulama dozuna bağlı olarak toprağın organik maddesi %1.28-2.81 aralığında belirlenmiş, uygulamalara göre artış göstermiştir. En yüksek değer B4 uygulamasında %2.81 ile elde edilirken en küçük değer %1.28 ile B0 uygulamasında gerçekleşmiştir. Akça ve Namlı (2015), ile Ergün (2017), farklı kökenli kaynaktan sağlanan biyokömür uygulamalarının toprak organik maddesindeki artış düzeyinin önemli olduğunu ve %2.64'lük en yüksek organik madde içeriğinin 40 t ha^{-1} biyokömür ve %1.3 ile en düşük organik madde miktarının kontrol uygulamasından elde

edildiği rapor edilmiştir (Khan ve ark., 2020). Organik materyallerin uygulama dozuna bağlı olarak toprakların organik madde içeriklerinde önemli bir artış olduğu belirtilmiştir (Tarakçıoğlu ve ark., 2019). Dozlar arasında kontrole göre organik madde değerinde artışın olduğu ve en yüksek organik madde sonucunun %0.6 doz uygulamasından elde edildiği belirtilmiştir (Özyavuz, 2017). Kireçli kumlu toprağa biyokömür uygulanması ile toprağın organik madde içeriğinde önemli bir artış olmuştur. Kontrole göre organik madde miktarının, biyokömür ilavesiyle sırasıyla %3.3, %10.7 ve %22.8 düzeyinde arttığı bildirilmiştir (Amin ve Eissa, 2017).

Tablo 3. Biyokömür uygulamalarının toprak özelliklerine etkisi

Table 3. Effect of biochar applications on soil properties

Uygulamalar	pH	EC (mS cm ⁻¹)	Kireç (%)	O.M (%)
B0	7.45±0.04 c	0.87±0.11 c	2.28±0.07 b	1.28±0.03 b
B1	7.50±0.05 bc	1.50±0.33 b	3.04±0.10 a	1.44±0.06 b
B2	7.57±0.05 ac	1.63±0.12 b	3.11±0.43 a	1.62±0.09 b
B3	7.63±0.02 ab	1.85±0.18 ab	3.23±0.10 a	2.65±0.45 a
B4	7.66±0.10 a	2.26±0.19 a	3.55±0.07 a	2.81±0.43 a
p değeri	0.0054	0.0001	0.0003	0.0001

3.2 Biyokömür uygulamasının toprağın makro element içeriğine etkisi

Biyokömür uygulamalarının toprağın toplam azot (N) içeriğine etkisi uygulamalara göre anlamlı bir fark (p <0.0001) göstermiş ve uygulama dozlarına göre artış göstermiştir (Tablo 4). En düşük N içeriği %0.078 ile B0 uygulamasında en yüksek N değeri ise %0.201 ile B4 uygulamasında saptanmıştır. En yüksek toprak toplam azotu (%0.201), kontrole kıyasla (%0.078) yaklaşık %258 daha yüksek olan 80 t ha⁻¹ uygulamasında elde edilmesi, biyokömür uygulamalarının N üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Khan ve ark., 2020). Biyokömürün yapısında bulunan N miktarı düzeyinin toprağa önemli miktarda besin elementi sağlayacağı ve ürün verimliliğini arttıracığı söylenebilir. Toprağın alınabilir fosfor (P) (mg kg⁻¹) miktarı üzerine uygulamaların önemli bir etkisi olmuş ve uygulamalara göre B4(48.89)>B3(40.35)>B2(24.10)>B1(18.98)>B0(14.92) şeklinde sıralanmıştır. B4 uygulamasında en yüksek ve B0 uygulamasında ise en küçük alınabilir P saptanmıştır. Biyokömür uygulamasının yapılan bir çalışmada fosforlu gübre miktarı gereksinimini azalttığı belirtilmektedir (Soinne ve ark., 2014). Toprakta alınabilir P değerinin biyokömür uygulamaları ile önemli ölçüde arttığı ve nispi değişimin %150 kadar yükseldiği belirtilmiştir (Oguntunde ve ark., 2004). Benzer şekilde, biyokömür uygulamasının kontrole (20.88 mg kg⁻¹) göre %19.9'luk artışıyla 25.01 mg kg⁻¹ düzeyine yükseldiği Adio ve ark. (2022) tarafından belirtilmiştir. Kireçli kumlu toprağa biyokömürün ilavesi, mevcut fosforun en yüksek biyokömür ekleme seviyesinde 8.31 mg kg⁻¹ dan (kontrol) 10.43 mg kg⁻¹ a yükselmesini sağladığı belirtilmektedir (Amin, 2016). Yapılan çalışmada biyokömür uygulamalarının alkalın reaksiyonlu (toprak pH=7.75) toprakların alınabilir P üzerine etkili olabileceği ve buna bağlı olarak uygulanacak P'lu gübre miktarında azalma olabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalarda Zhai ve ark. (2014) ve Soinne ve ark. (2014), alınabilir P ile ilgili çalışma sonuçlarının, bildirilen tez çalışması sonuçları ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Toprağın alınabilir potasyum (K) miktarı (mg kg⁻¹) üzerine uygulamaların istatistiki olarak önemli düzeyde bir etkisi olmuş ve uygulamalara göre B4(1172.89)>B3(814.41)>B2(582.53)>B1(437.62)>B0(344.84) şeklinde sıralanmıştır. Dozlar içerisinde B4 uygulamasında en yüksek ve B0 uygulamasında ise en düşük alınabilir K belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada biyokömür uygulamalarıyla toprakta alınabilir P ve K elementlerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir (Sial ve ark., 2019). Biyokömür uygulamalarına göre toprakta alınabilir potasyum miktarı kontrol uygulamasında 421.3 mg kg⁻¹ ile en düşük değeri aldığı buna karşın 60 t ha⁻¹ uygulamasında 740.6 mg kg⁻¹ ile en yüksek değeri aldığı belirtilmiştir (Amin, 2016). Uygulamaların alınabilir kalsiyum (Ca) üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ve Ca konsantrasyonu 2171.68-2268.88 mg kg⁻¹ aralığında saptanmıştır. Biyokömür uygulamaları topraklardaki Ca konsantrasyonu en küçük ve en büyük değerler kontrol (B0) ve B2 uygulamalarında elde edilmiştir. Farklı piroliz sıcaklığında elde edilen biyokömür uygulamalarının topraklardaki alınabilir Ca konsantrasyonu 2663-4306 mg kg⁻¹ aralığında belirlemişler ve Ca değerinin 500°C de elde edilmiş olan biyokömürün etkin olduğunu ifade etmişlerdir

(Kayıkcıoğlu ve ark., 2022). Biyokömür toprağın Ca'un yararışlılığını arttırdığı belirtilmiştir (Gaskin ve ark., 2010). Uygulamalara göre toprağın alınabilir magnezyum (Mg)konsantrasyonu farklılık göstermiş 129.01 mg kg⁻¹ ile en küçük değeri B0 uygulamasında ve 186.92 mg kg⁻¹ ile en yüksek değeri B4 uygulamasında almıştır. Kayıkcıoğlu ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada farklı piroliz sıcaklığında üretilen biyokömür uygulamaları ile topraktaki alınabilir Mg değerinin sırasıyla 848.1mg kg⁻¹, 843.3mg kg⁻¹ve 769.8 mg kg⁻¹olarak belirtilmiş olan değerlere göre sonuçların farklılık gösterdiği bununda uygulama ve toprak özelliklerinden ileri geldiği düşünülmektedir.

Tablo 4. Biyokömür uygulamalarının toprağın makro element içeriğine etkisi

Table 4. The effect of biochar applications on the macro elements of the soil

Uygulamalar	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)
B0	0.078±0.01d	14.92±1.21b	344.84±20.72e	2171.68±47.19a	129.01±3.10c
B1	0.096±0.01c	18.98±1.66b	437.62±32.91d	2207.77±7.71a	132.93±4.20bc
B2	0.120±0.01b	24.10±1.49b	582.53±31.72c	2268.88±63.36a	146.30±7.72bc
B3	0.145±0.01b	40.35±2.27a	814.41±10.18b	2213.43±21.71a	158.15±7.81b
B4	0.201±0.01a	48.89±7.25a	1172.89±12.86a	2180.72±60.55a	186.92±3.59a
p değeri	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1581	<0.0001

3.3 Biyokömür uygulamasının toprağın mikro element içeriğine etkisi

Uygulamalara göre toprağın alınabilir sodyum (Na) konsantrasyonu farklılık göstermiş ve 47.09-101.43 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Kontrol uygulamasında en küçük değer ve B4 uygulamasında ise en büyük Na değeri elde edilmiştir. Kayıkcıoğlu ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada belirlenmiş olan 139.5 mg kg⁻¹, 179.4mg kg⁻¹ ve 132.7mg kg⁻¹ ve Kara (2016) tarafından 40 t ha⁻¹ pirina biyokömürü uygulamasından elde edilmiş olan Na değerlerine 92.51 mg kg⁻¹ göre farklılık gösterdiği izlenmektedir. Bu farklılıkların özellikle elde edilen biyokömür kaynağına ve toprak özelliklerine göre değişiklik gösterdiği söylenebilir. Artan dozlarda biyokömür uygulamalarının sodyum elementini artırıcı yönde olduğu belirtilmiştir (Sayğan, 2017). Toprakta alınabilir Çinko (Zn) konsantrasyonu 1.25-2.34 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiş, en küçük değer B0 uygulamasında en büyük değer ise B4 dozunda saptanmıştır. Kara (2016) tarafından yapılan çalışmada farklı dozda yapılan biyokömür uygulamaları ile 2.59-3.74 mg kg⁻¹ Zn elde edildiği ve en yüksek alınabilir Zn değerinin 3.74 mg kg⁻¹ ile kavaktan elde edilmiş olan biyokömür uygulanan topraklarda saptandığı ifade edilmiştir. Toprakta farklı sıcaklıklarda elde edilen biyokömür uygulamalarıyla yapılan çalışmada alınabilir çinko (Zn) değerleri 300°C de elde edilen biyokömür uygulanan topraklarda 8.74-9.15 mg kg⁻¹, 500°C de elde edilen biyokömür uygulamasında 8.81-9.71 mg kg⁻¹ ve 700°C'de elde edilen biyokömür uygulamasında 9.18-10.4 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir (Kayıkcıoğlu ve ark., 2022). Toprakta alınabilir demir (Fe) konsantrasyonu 1.82-2.40mg kg⁻¹ aralığında saptanmış olup ile B0 uygulamasında en yüksek değer ve B4 uygulamasında en küçük değer elde edildiği izlenmektedir. Alınabilir demir (Fe) konsantrasyonu 300°C de elde edilen biyokömür uygulanan topraklarda 17.06-19.33mg kg⁻¹, 500°C de elde edilen biyokömür uygulamasında 17.29-18.03 mg kg⁻¹ ve 700°C'de elde edilen biyokömür uygulamasında 15.21-18.49 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir (Kayıkcıoğlu ve ark., 2022). Toprağa biyokömür uygulamasından sonra alınabilir Fe değerinde azalma olduğunu bildirilmişlerdir (Lentz ve Ippolito, 2012; Inal ve ark., 2015). Biyokömür uygulamalarının toprak pH değerini arttırdığı, alınabilir Fe konsantrasyonunda ise azalmaya sebep olduğu söylenebilir (Mielki ve ark., 2016). Toprak örneklerinde alınabilir Fe konsantrasyonunda azalma veya düşüş seyri olası biyokömür uygulamasının toprak pH'sını arttırmasına (Pandit ve ark., 2018) bağlı olabileceği düşünülmektedir. Biyokömür uygulamaları ile alınabilir Fe içeriği açısından, kontrole göre düşüş gözlenmesi sonuçlarımızı doğrulamaktadır. Toprakta alınabilir Mangan (Mn) açısından biyokömür uygulama dozlarına göre 4.52-7.33 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Uygulamaların sonucu olarak topraklarda en küçük Mn konsantrasyonu B0 uygulamasında 4.52 mg kg⁻¹ ve en yüksek Mn 7.33 mg kg⁻¹ ile B4 uygulamasında belirlenmiştir. Topraklardaki alınabilir Mn değerleri biyokömür elde edilen sıcaklıklara göre farklılık gösterdiği, 300°C de elde edilmiş olan biyokömür uygulama dozunda 16.83-19.20 mg kg⁻¹, 500°C de elde edilen biyokömür uygulamasında

16.13-20.43 mg kg⁻¹ ve 700 °C de elde edilmiş olan biyokömür uygulama dozunda 14.57-17.75 mg kg⁻¹ olarak saptamışlardır (Kayıkçıoğlu ve ark., 2022). Biyokömür uygulama dozu artışıyla toprakta alınabilir Mn konsantrasyonu artış göstermiştir. Toprakta alınabilir Bakır (Cu) açısından biyokömür uygulama dozları bakımından istatistiki olarak bir fark meydana gelmemiştir. Farklı biyokömür dozları kıyaslandığında en yüksek Cu konsantrasyonu B4 uygulamasında 1.79 mg kg⁻¹ ve en küçük değer ise B0 uygulamasında 1.61 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Farklı piroliz sıcaklıklarında elde edilen biyokömür uygulamalarının toprağın alınabilir Cu değerleri 300°C de elde edilen biyokömür uygulama dozunda 2.29-2.39 mg kg⁻¹, 500°C de elde edilmiş olan biyokömür uygulamasında 2.27-2.42mg kg⁻¹ve 700°C de elde edilmiş olan biyokömür uygulamasında ise 2.13-2.35 mg kg⁻¹ olarak belirtmişlerdir (Kayıkçıoğlu ve ark., 2022). Biyokömür uygulamaları ile en yüksek alınabilir bakır içeriği ortalama 0.66 mg kg⁻¹ ile pirinadan elde edilmiş olan biyokömür uygulamasında elde edildiği belirtilmiştir (Kara, 2016).Toprakta uygulamalara göre alınabilir bor (B) 0.71-1.08 mg kg⁻¹aralığında saptanmış olup0.71 ile B0 uygulamasında en küçük değer ve en yüksek değerini ise B4 uygulamasında 1.08 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Uygulamalar topraktaki alınabilir B değerini artırmıştır. Toprakta B sınır değerleri Wolf (1971), tarafından belirtilmiş olan yeterlilik grubu (1.0-2.4 mg kg⁻¹) içerisinde sadece B4 uygulaması 1.08 mg kg⁻¹ ile yer almıştır.

Tablo 5. Biyokömür uygulamalarının toprağın mikro element içeriğine etkisi

Table 5. The effect of biochar applications on soil microelement

Uygulama	Na (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
B0	47.09±2.60 d	1.25±0.07 c	2.40±0.27 a	4.52±0.89 b	1.61±0.27 a	0.71±0.04 b
B1	64.32±4.60 c	1.54±0.08 bc	2.33±0.16 ab	4.89±0.97 b	1.65±0.08 a	0.78±0.03 b
B2	75.07±5.59 bc	1.82±0.09 b	2.01±0.15 ab	4.96±0.54b	1.73±0.20 a	0.85±0.06 b
B3	85.54±2.93 b	2.19±0.02 ab	1.96±0.18 ab	5.83±0.029 ab	1.76±0.03 a	0.94±0.02 b
B4	101.43±6.12 a	2.34±0.17 a	1.82±0.19 b	7.33±0.62 a	1.79±0.04 a	1.08±0.13 a
p değerleri	<0.0001	0.0003	0.0415	0.0042	0.2246	0.0007

3.4 Biyokömür Uygulamasının çimlenme ve biyomas özelliklerine etkisi

Tohumların çimlenmesi %90.12-95.41 olarak gerçekleşmiş en yüksek çimlenme oranı %95,41 ile B2 uygulamasında en düşük çimlenme oranı ise %90.12 ile B0 uygulama dozunda saptanmıştır (Şekil 1). Çimlenme oranı Doğan ve Çarpıcı (2015) tarafından belirtilen (%79.38-97.99) değerlere göre benzerlik göstermiştir. Çimlenme indeksi < %50 ise; yüksek düzeyde fitotoksiste, %50-80 ise; orta düzeyde fitotoksiste ve >%80 ise fitotoksiste etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Kalderis ve ark., 2019). Çimlenme oranının B3 ve B4 uygulamalarında düşüş eğiliminde olması biyokömürdeki tuz ve pH gibi özelliklere göre farklılık gösterebilir.

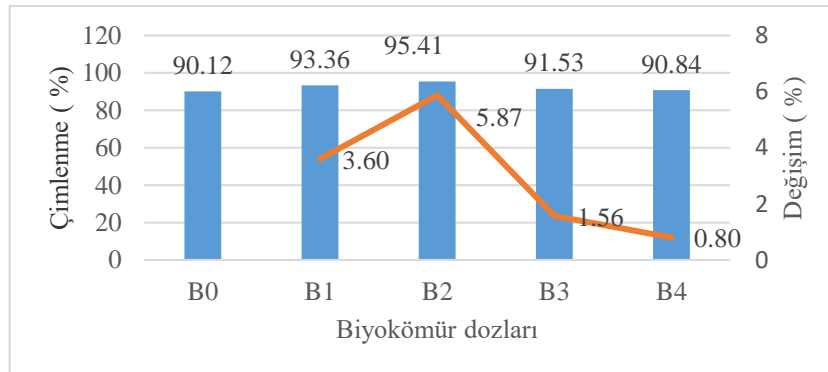


Figure 1. Effect of biochar applications on germination

Şekil 1. Biyokömür uygulamalarının çimlenmeye etkisi

Buğdayın yaş ağırlığı uygulama dozları ile istatistiki düzeyde önemli artış göstermiştir. Kontrol uygulamasında yaş ağırlık değeri 10.01-11.42 g saksı⁻¹ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ağırlık B2 uygulamasında, en küçük

değer ise B0 uygulamasında belirlenmiştir. Kuru ağırlık düzeyi uygulamalara göre istatistiki anlamda etkilenmiş, 1.93-2.21 g saksı⁻¹ olarak belirlenmiştir. En yüksek yaş ağırlık B2 uygulamasında, en küçük değer ise B0 uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 2). Bu konuda, fasulye ile yaptıkları çalışmada Khan ve ark. (2020), en yüksek yaş ve kuru ağırlık değerlerini 20 t ha⁻¹ biyokömür uygulama dozunda elde ettikleri çalışma ile aynı sonuca varıldığı görülmektedir. Toprağa uygulanan biyokömürün buğday bitkisinin taze ve kuru ağırlığını arttırdığı ve biyokömür uygulanması ile buğday bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıklarında kontrol uygulamasına kıyasla sırasıyla %96.8 ve %123.5 artış olduğu belirtilmiştir (Amin, 2016). Esposito (2013), biyokömürün toprağa uygulanmasının, buğday bitkisinde kontrole kıyasla bitki büyümesini önemli ölçüde artırdığını ifade etmişlerdir. Biyokömür uygulamalarının toprak üzerine olumlu etkileri sonucunda bitkinin yaş ve kuru ağırlık değerini kontrole göre arttırdığı görülmüştür.

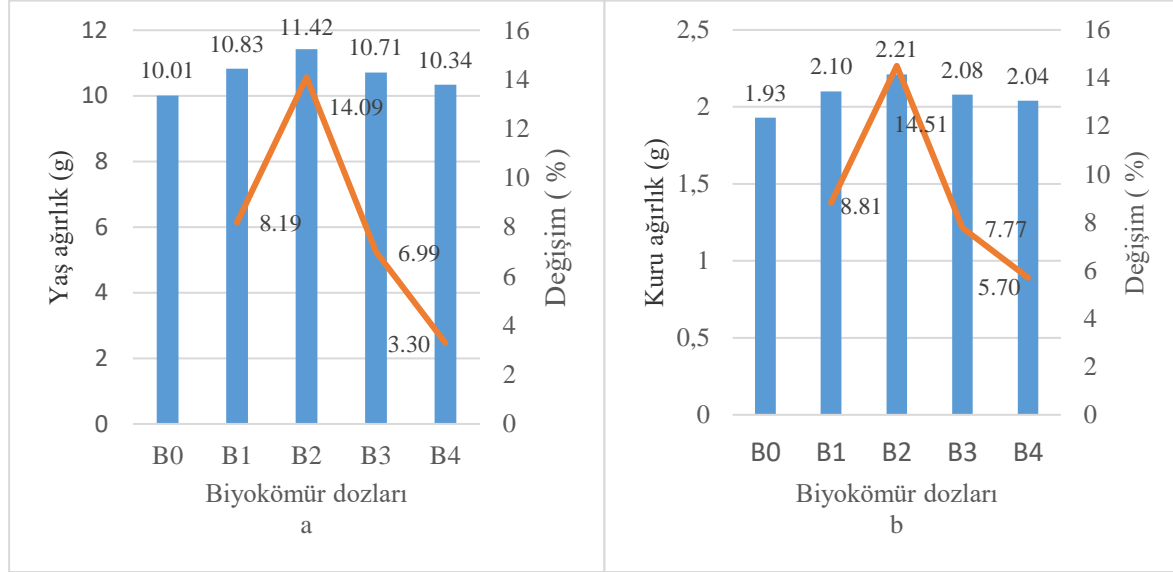


Figure 2. Effect of biochar applications on wet (a) and dry (b) weight

Şekil 2. Biyokömür uygulamalarının yaş (a) ve kuru (b) ağırlığa etkisi

4. Sonuç

Biyokömür uygulamasının toprakların pH düzeyi, EC, kireç ve organik madde miktarlarında artış sağladığı görülmüştür. Biyokömürün toprak uygulamalarında, biyokömür özelliklerinin elde edilmiş olan materyale göre farklılık gösterdiği özellikle toprak üzerine olası etkileri açısından biyokömürün özelliklerine göre uygulamalar yapılmalıdır. Toprağın makro ve mikro elementleri üzerine etkisi incelendiğinde toplam N, alınabilir P, K, Mg aynı şekilde Na, Zn, Mn, B elementlerinde uygulama dozuna göre artış gösterdiği, Fe konsantrasyonunun ise azalma eğilimi gösterdiği görülmüştür. Çimlenme ve bitkinin yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi 20 t ha⁻¹ (B2) uygulaması ön plana çıkmıştır. Biyokömür uygulamalarında toprak, bitki, iklim özellikleri dikkate alınarak yapılması ile daha fazla fayda elde edilebileceği ve incelenen parametreler açısından ve özellikle çalışma sonuçlarına göre biyokömür uygulama dozu olarak 20 t ha⁻¹ (B2) uygulaması önerilebileceği kanısına varılmıştır.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Şenay, B, Tepecik, M.; Materyal ve Metot: Tepecik, M, Şenay, B.; Veri toplama ve İşleme: Şenay, B.; Literatür Tarama: Şenay, B, Tepecik, M.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Şenay, B, Tepecik, M.

Kaynakça

- Adio, A. A., Saliu, A. O., Akanbi-Gada, M. A. and Najeemdeen, B. A. (2022). Effects of charcoal production on soil physicochemical properties in Moro Local Government Area of Kwara State, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 13: 220-232.
- Akay, A. (2022). Kireçli topraklarda farklı kükürt formları ile biyokömür uygulamalarının turp bitkisinin (*Raphanus sativus*) gelişimine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3): 644-655.
- Akça, M. O. and Namlı, A. (2015). Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper, and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3): 161-168.
- Ali, K., Munsif, F., Zubair, M., Hussain, Z., Shahid, M., Din, I. U. and Khan, N. (2011). Management of organic and inorganic nitrogen for different maize varieties. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27(4): 525-529.
- Amin, A. E. A. Z. (2016). Impact of corn cob biochar on potassium status and wheat growth in a calcareous sandy soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(17): 2026-2033.
- Amin, A. E. A. Z. and Eissa, M. A. (2017). Biochar effects on nitrogen and phosphorus use efficiencies of zucchini plants grown in a calcareous sandy soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(4): 912-921.
- Banik, C., Lawrinenko, M., Bakshi, S. and Laird, D. A. (2018). Impact of pyrolysis temperature and feedstock on surface charge and functional group chemistry of biochars. *Journal of Environmental Quality*, 47(3):452-461.
- Bremner, J. M. (1965). Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
- Bridgwater, A. V. (2003) Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass, *Chemical Engineering Journal*, 91(2): 87-102.
- Butnan, S., Deenik, J. L., Toomsan, B. and Vityakon, P. (2017). Biochar properties affecting carbon stability in soils contrasting in texture and mineralogy. *Agriculture and Natural Resources*, 51(6): 492-498.
- Cantrell, K., Ro, K., Mahajan, D., Anjom, M. and Hunt, P. G. (2007). Role of thermochemical conversion in livestock waste-to-energy treatments: obstacles and opportunities, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46(26): 8918-8927.
- Chan, K. Y., Zwieten, L. V., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46 (5): 437-444.
- Doğan, R. ve Çarpıcı, E. B. (2015). Bazı makarnalık buğday (*Triticum turgidum* L.) genotiplerinin çimlenme döneminde tuz stresine tepkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 29(1): 47-55.
- Domingues, R. R., Trugilho, P. F., Silva, C. A., de Melo, I. C. N. A., Melo, L. C. A., Magriotis, Z. M. and Sanchez-Monedero, M. A. (2017). Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits. *Plos One*, 12(5): e0176884.
- El-Naggar, A., Lee, S. S., Awad, Y. M., Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., Rinklebe, J., Tsang C. W. T. and Ok, Y. S. (2018). Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. *Geoderma*, 332: 100-108.
- Ergün, Y. A. (2017). *Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelere, CO₂ üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Esposito, N. C. (2013). *Soil nutrient availability properties of biochar*. (M.Sc. Thesis). The Faculty of Cal Poly State University, San Luis Obispo, USA.
- Gaskin, J. W., Speir, R. A., Harris, K., Das, K. C., Lee, R. D., Morris, L. A. and Fisher, D. S. (2010). Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*, 102(2): 623-633.
- Gezgin, S. (2018). Türkiye Topraklarının Organik Madde Durumu, Organik Madde Kaynaklarımız ve Kullanımı. *Organomineral Gübre Çalıştayı*, 29 Eylül, p 12-16, İstanbul, Türkiye.
- Girmay, G., Singh, B. R., Mitiku, H., Borresen, T. and Lal, R. (2008). Carbon stocks in Ethiopian soils in relation to land use and soil management. *Land Degradation & Development*, 19(4): 351-367.
- Huang, M., Fan, L., Chen, J., Jiang, L. and Zou, Y. (2018). Continuous applications of biochar to rice: Effects on nitrogen uptake and utilization. *Scientific Reports*, 8: 11461.
- Inal, A., Gunes, A., Sahin, O., Taskin, M. B. and Kaya, E. C. (2015). Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management*, 31(1): 106-113.
- Jackson, M. L. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, of India Private Limited, New Delhi.
- Jones, D. L. and Healey, J. R. (2010). Organic amendments for remediation: putting waste to good use. *Elements*, 6(6): 369-374.
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B. P., Lehmann, J., Foidl, N., Smernik, R. J. and Amonette, J. E. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 501-515.

- Kalderis, D., Papameletiou, G. and Kayan, B. (2019). Assessment of orange peel hydrochar as a soil amendment: impact on clay soil physical properties and potential phytotoxicity. *Waste and Biomass Valorization*, 10(11): 3471-3484.
- Kara, R. S. (2016). *Farklı organik materyallerden elde edilen biyokömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyokömür ve biyokömür ile birlikte artırılmış karasu uygulamasının bitkisel üretimde kullanım olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kayıkçıoğlu, H. H., Tepecik, M. ve Çokan, Ş. E. (2022). Belediye budama atıklarından farklı piroliz sıcaklıklarında elde edilen biyokömürün, mısır verimi ile bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(1): 108-127.
- Khan, S., Ismail, M., Ibrar, M., ul Hag, J., Ali, Z. (2020). The effect of biochar on soil organic matter, total N in soil and plant, nodules, grainyield and biomass of mung bean. *Soil and Environment*, 39(1): 87-94.
- Kloss, S., Zehetner, F., Dellantonio, A., Hamid, R., Ottner, F., Liedtke, V., Schwanninger, M., Gerzabek, M. H. and Soja, G. (2012). Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *Journal of Environmental Quality*, 41(4): 990-1000.
- Lal, R. (2013). Food security in a changing climate. *Ecohydrol Hydrobiol*, 13(1): 8–21.
- Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems-a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2):403-427.
- Lehmann, J., Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. (2003) Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments, *Plant and Soil*, 249: 343–357.
- Lentz, R. D. and Ippolito, J. A. (2012). Biochar and manure affect calcareous soil and corn silage nutrient concentrations and uptake. *Journal of Environmental Quality*, 41: 1033-1043.
- Lindsay, W. L. and 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.
- Majeed, A. J., Dikici, H. and Demir, Ö. F. (2018). Effect of biochar and nitrogen applications on growth of corn (*Zea mays* L.) plants. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3): 346-351.
- Matteson, G. C. and Jenkins, B. M.(2007). Food and processing residues in California: Resource assessment and potential for power generation, *Bioresource Technology*, 98(16): 3098-3105.
- Mavi, M. S., Singh, G., Singh, B. P., Sekhon, B. S., Choudhary, O. P., Sagi, S. and Berry, R. (2018). Interactive effects of rice-residue biochar and N-fertilizer on soil functions and crop biomass in contrasting soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1): 41-59.
- Mielki, G. F., Novais, R. F., Ker, C., Vergütz, L. and Castro, G. F. (2016). Iron availability in tropical soils and iron uptake by plants. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40: 1-14.
- Mukherjee, A. and Zimmerman, A. R. (2013). Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. *Geoderma*, 193: 122-130.
- Namlı, A., Akça, M. O. ve Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1): 39-47.
- Oguntunde, P. G., Fosu, M., Ajayi, A. E. and van de Giesen, N. (2004). Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biology and Fertility of Soils*, 39(4): 295-299.
- Oh, T. K., Choi, B., Shinogi, Y. and Chikushi, J. (2012). Effect of pH conditions on actual and apparent fluoride adsorption by biochar in aqueous phase. *Water Air and Soil Pollution*, 223(7): 3729-3738.
- Olsen, S. R. and Dean, L. A. (1965). Phosphorus (Ed. C.A. Black) Methods of Soil Analysis. Part. 2. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison Wisconsin USA, No: 9: 920-926.
- Özyavuz, M. (2017). *Biyokömür (biochar) uygulamalarının patlıcan bitkisi ve toprağın kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Pandit, N. B., Mulder, J., Hale, S. E., Martinsen, V., Schmidt, H. P. and Cornelissen, G. (2018). Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Science of the Total Environment*, 625: 1380-1389.
- Pratt, P. F. and Holowaychuk, N. (1954). A comparison of ammonium acetate, barium acetate, and buffered barium chloride methods of determining cation exchange capacity. *Soil Science Society of America Journal*, 18: 365-368.
- Qadeer, S., Batoool, A., Rashid, A., Khalid, A., Samad, N. and Ghufra, M. A. (2014). Effectiveness of biochar in soil conditioning under simulated ecological conditions. *Soil & Environment*, 33: 149-158.
- Quilty, J. R. and Cattle, S. R. (2011). Use and understanding of organic amendments in Australian agriculture: a review. *Soil Research*, 49(1):1-26.
- Sayğan, E. P. (2017). *Biyokömürün (biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Saygan, E. P. ve Aydemir, S. (2016). Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(4): 301-312.
- Schlichting, E. and Blume, E. (1966). *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- Shetty, R. and Prakash, N. B. (2020). Effect of different biochars on acid soil and growth parameters of rice plants under aluminum toxicity. *Scientific Reports*, 10: 12249.
- Sial, T. A., Lan, Z., Wang, L., Zhao, Y., Zhang, J., Kumbhar, F., Memon, M., Lashari, M. S. and Shah, A. N. (2019). Effects of different biochars on wheat growth parameters, yield and soil fertility status in a silty clay loam soil. *Molecules*, 24(9): 1798.
- Silva, I. C. B., Fernandes, L. A., Colen, F. and Sampaio, R. A. (2017). Growth and production of common bean fertilized with biochar. *Ciencia Rural*, 47 (11): e20170220.
- Silva, M. A. G., Roque, S. A. T., Muniz, A. S., Marchetti, M. E., Matta, J. D. V. and Pelisson, N. (2010). Efficiency of organic compost from agri-industrial wastes as fertilizer for corn and wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(21): 2517-2531.
- Singh, R., Mavi, M. S. and Choudhary, O. P. (2019). Saline soils can be ameliorated by adding biochar generated from rice-residue waste. *Clean Soil Air Water*, 47: 1700656.
- Soil Survey Staff (1951). *Soil Survey Manual*. U.S. Dep. Agric. Handbk. No. 18. U.S. Government Printing Office. Washington.
- Soinne, H., Hovi, J., Tammeorg, P. and Turtola, E. (2014). Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability. *Geoderma*, 219-220: 162-167.
- Tan, X., Liu, Y., Zeng, G., Wang, X., Hua, X. and Gu, Y. (2015). Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous. *Chemosphere*, 125: 70-85.
- Tarakçioğlu, C., Özenç, D. B., Yılmaz, F. I., Kulaç, S. ve Aygün, S. (2019). Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34: 107-117.
- Turan, V. (2019). Biyokömür ve kükürt uygulamasının alkali killi-tınlı topraklarda fosfor alınabilirliği ve toprak enzim aktivitesi üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3): 527-535.
- Turhan, A. and Özmen, N. (2021). Effects of chemical and organic fertilizer treatments on yield and quality traits of industrial tomato. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18(2): 213-221.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T-66 Ankara.
- Van Zwieten, L., Singh, B. P., Kimber, S. W. L., Murphy, D. V., Macdonald, L. M., Rust, J. and Morris, S. (2014). An incubation study investigating the mechanisms that impact N₂O flux from soil following biochar application. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 191: 53-62.
- Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2: 363-374.
- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J. and Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, 1: 56.
- Xu, D., Cao, J., Li, Y., Howard, A. and Yu, K. (2019). Effect of pyrolysis temperature on characteristics of biochars derived from different feedstocks: A case study on ammonium adsorption capacity. *Waste Management*, 87: 652-660.
- Zhai, L., Caiji, Z., Liu, J., Wang, H., Ren, T., Gai, X., Xi, B. and Liu, H. (2014). Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities. *Biology and Fertility of Soils*, 51: 113-122.
- Zhu, X., Chen, B., Zhu, L. and Xing, B. (2017). Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: a review. *Environmental Pollution*, 227: 98-115.

Pioneering Communities in Dissemination of Local Wheat Varieties and Products in Turkey

Türkiye'de Yerel Buğday Çeşitlerinin ve Ürünlerinin Yaygınlaştırılmasında Öncü Topluluklar


Mesut Yüce YILDIZ^{1*}, Tayfun ÖZKAYA²

Abstract

Modern wheat varieties developed since the 1960s have increased yields but have also brought with them serious ecological, social and health problems. Local wheat varieties must be produced, developed, conserved and disseminated by farmers. In this research the pioneering farmer/consumer communities in Çanakkale, Balıkesir and Kars provinces and some community supported agriculture groups in Izmir province active in dissemination of local wheat varieties and breads and other products are examined. Participatory action research methodology was used among producer groups and food communities. The research question was developed through common problems and solutions by involving producers and consumers during the field research in line with participatory action research. The local wheat production of producer groups and the processes of supplying their products to the market were carefully analyzed and this information was shared with food groups. In the food groups, ways to increase the consumption of local wheat products were sought with the information shared. As a result, it is seen that pioneer groups that ensure direct marketing of products from farmers to consumers, organize farmers, work holistically and increase women's participation are more successful in the geographical dissemination of local wheat varieties and ensuring seed sovereignty. In consumer groups, it was observed that understanding the production process and identifying problems related to consumption through focus group studies initially increased the consumption of local wheat products. However, the high cost of bread made from local wheat varieties constitutes one of the biggest obstacles. Collaboration between consumers and food groups with local producers can increase the spread of the production and consumption of local wheat. Local governments can also play an important role in promoting local wheat and its products. One of these supports could be participatory plant breeding.

Keywords: Local wheat varieties, Seed sovereignty, Food groups, Extension, Participatory action research, Sourdough bread, Turkey.

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mesut Yüce Yıldız, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ege University, Bornova, Izmir, Türkiye. E-mail: mesut.yuce.yildiz@gmail.com  ORCID: 0000-0002-3762-9940

²Tayfun Özkaya, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ege University, 35100, Bornova, Izmir, Türkiye. E-mail: ozkayatayfun@gmail.com  ORCID: 0000-0001-5769-1920

Atıf: Yıldız, M. Y., Özkaya, T. (2024). Türkiye'de yerel buğday çeşitlerinin ve ürünlerinin yaygınlaştırılmasında öncü topluluklar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 309-323.

Citation: Yıldız, M. Y., Özkaya, T. (2024). Pioneering communities in dissemination of local wheat varieties and products in Turkey. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 21(2): 309-323.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

1960'lardan bu yana geliştirilen modern buğday çeşitleri verimi arttırmış olsa da ciddi ekolojik, sosyal ve sağlık sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Yerel buğday çeşitleri çiftçiler tarafından üretilmeli, geliştirilmeli, korunmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Bu araştırmada Çanakkale, Balıkesir ve Kars illerindeki öncü çiftçi/tüketici toplulukları ile İzmir ilinde yerel buğday çeşitleri ile ekmek ve diğer ürünlerin yaygınlaştırılmasında faaliyet gösteren bazı topluluk destekli tarım grupları incelenmiştir. Üretici gruplar ve gıda toplulukları arasında katılımcı eylem araştırması yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sorusu katılımcı eylem araştırmasına uygun şekilde saha araştırması sırasında üreticilerin ve tüketicilerin dahil edilerek ortak sorunlar ve çözümler üzerinden geliştirilmiştir. Üretici grupların yerel buğday üretim şekilleri ve ürünlerini pazara tedarik etme süreçleri dikkatle şekilde incelenmiş ve bu bilgiler gıda grupları ile paylaşılmıştır. Tüketici gruplarda ise paylaşılan bilgiler ile yerel buğday ürünlerinin tüketimini artırma yolları aranmıştır. Sonuç olarak, ürünlerin çiftçiden tüketiciye doğrudan pazarlanmasını sağlayan, çiftçileri örgütleyen, bütüncül çalışan ve kadın katılımını artıran öncü grupların yerel buğday çeşitlerinin coğrafi bazda yaygınlaştırılmasında ve tohum egemenliğinin sağlanmasında daha başarılı olduğu görülmektedir. Tüketici gruplarda ise üretim sürecini anlamamanın ve odak grup çalışmaları ile tüketime dair sorunların belirlenmesinin ilk olarak yerel buğday ürünleri tüketimini arttırdığı gözlenmiştir. Ancak, yerel buğday çeşitlerinden yapılan ekmek pahalı olması en büyük engellerden birini oluşturmaktadır. Tüketiciler ve gıda gruplarının yerel üreticiler ile iş birliği yapması yerel buğday üretimi ve tüketiminin yaygınlaşmasını arttırabilir. Yerel yönetimler de yerel buğday ve ürünlerinin yaygınlaştırılmasında önemli bir rol oynayabilir. Bu desteklerden biri de katılımcı bitki ıslahı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Yerel buğday çeşitleri, Tohum egemenliği, Gıda grupları, Yayım, Katılımcı eylem araştırması, Ekşi mayalı ekmek, Türkiye.

1. Introduction

Wheat, known as the first plant which was domesticated in southwest Asia, 14000 years ago (Kimber and Feldman 1987). The origin of wheat is Southeastern Anatolia (Uhri, 2011). The great biodiversity of wheat in Anatolia and the presence of local wheat varieties make these genetic resources in Turkey very important for the sustainability of wheat production in the world.

The aids provided by developed countries to developing countries in the Marshall Plan program between 1948 and 1951, created a great transformation. Many changes such as increase in agricultural mechanization and yield, the dominance of chemical fertilizers, synthetic pesticides usage, and monoculture agriculture have been realized. This process led to the so called “green revolution” after a while. One of the most important developments of the green revolution was the breeding works done by Norman Bourlag, using Mexican dwarf and semi-dwarf wheats (Karakoç, 2008).

In the 19th century, Japanese scientists developed the high yielding Norin 10 variety by crossing their local wheat called Daruma, with Red Winter Turkish wheat. (Powell et al., 2013) American scientists crossed the Norin 10 variety with the native American variety Brevor and took these cultivars to Mexico. These plants had been introduced to the breeding programs in Mexico by Norman Borlaug and high yielding varieties were bred (WWF, 2016).

It is stated that the success in the yield increase of these semi-dwarf wheats has been achieved especially using nitrogen fertilizers. (Perkins, 1997). However, the full potential of these new seeds can only be realized when proper agricultural practices are followed, such as good soil preparation, the use of large amounts of fertilizer, the correct proportion and planting depth, and proper use of water, weed and pest control (Karakoç, 2008).

While Mexican seeds were grown on an area of 50 decars in 1964, in Turkey, it started to be grown on a land of 14,554,000 decars within 5 years, in 1968. India, Pakistan and Turkey were the countries adopting this production system the most (Karakoç, 2008). Although it is claimed that the green revolution is a great success, in fact, there are intense criticisms that it has increased the foreign dependency especially of underdeveloped countries, made farmers dependent on agricultural inputs sellers, led to the loss of seed sovereignty, and started the process of loss of people knowledge (Smale, 1997; Magdoff et al., 2000)

The effect of wheat products on human health is one of the most popular research and discussion topics in recent years. The negative effects of gluten protein, which is more abundant in the structure of improved wheat varieties, on human health have been the subject of many scientists (Dohan, 1966; Davis, 2011). Breeding efforts to increase gluten protein and changes in gluten structure have created a perception that the consumption of modern wheat is harmful to health (Davis, 2011). These comments also increase the production and consumption of local wheat varieties and products. The study conducted by Davis (2011) revealed the negative effects of high gluten content of industrial wheats and the changes in genetic structure on human health. In his study, Davis shows that industrial wheat is as the chief culprit for factors such as fatigue, immune, digestive, and nervous system problems, obesity and diabetes. Davis draws attention to the fact that local wheat varieties do not cause the same problems in his study. Boxstael et al. (2020) and Akçura et al. (2002) compare wheat landraces and industrial wheats in terms of mineral substances. Although these researches were actually made for the selection of the local wheat varieties as breeding material, it is important that the local varieties have been found to be richer in terms of mineral substances. Local wheat varieties are much richer in mineral substance content (Akçura et al., 2002; Hocaoglu and Akçura, 2017; Boxstael, 2020).

Mexican dwarf wheat started to be grown in Turkey in 1967 under the name Sonora-64. The first experiments were carried out in Adana Province under the leadership of Bahri Dağdaş who was the Minister of Agriculture (Koçtürk, 2009). The Minister of Agriculture of the period declared that Turkey would reach the potential to export wheat even after. However, the situation did not develop as expected, and serious problems arose in terms of nutrition. With the breeding studies, wheat varieties in Turkey were hybridized with higher yielding varieties developed in international research institutes to obtain new varieties with shorter stature, more productive but less resistant to drought, dependent on pesticides and chemical fertilizers. As a result of these developments, instead of producing their own seeds, farmers began to depend first on state institutions and later on seed companies. In Turkey, where a different variety or type of wheat was grown in almost every village in the 1930s (Gökgöl, 1939;

1954), the biodiversity of wheat started to shrink. Farmers first lost their seed sovereignty, later gradually lost their knowledge to produce, develop, improve, and breed their own seed like spike choose (başak çekme) methods. The farmers who started to buy seeds, fertilizers and pesticides from the market, gradually began to pay higher prices for these industrial inputs. On the other hand, the price received by the farmers for wheat has been respectively diminished due to the downsizing of State Grain Board (Toprak Mahsulleri Ofisi) which was doing supportive purchasing before the globalization period, withdrawal of the state from supporting wheat, and lowering the custom duties in wheat importation.

The development of the local wheat acreage can reduce costs by ensuring the seed sovereignty for farmers, and having farmer control on production, and leaving external inputs. However, it does not seem possible to expand local wheat varieties acreage, which are rich in terms of nutrition and do not contain changed gluten structure, unless these are sold at good prices by the farmer.

Although the health debates about modern wheats in the country partially popularize the option of not consuming any wheat, which is supported by some physicians, this trend has remained marginal in Turkey, where main diet is wheat. Contrary to this trend, there is an attitude that completely rejects and ignores the debates on health, ecology, and socio-economic issues related to wheat, which is supported by the industry that produces wheat and its products and the scientific circles that support this industry. The Ministry of Agriculture and Forestry is also insensitive to the health problems caused by industrial wheat in Turkey. Ministry researchers generally consider local wheat varieties and landraces as only breeding material like the mainstream breeders of the world. For this purpose; local wheat varieties are collected, preserved ex-situ and even used for breeding to have drought resistant wheat varieties. The ministry, to some extent has understood the importance of the local wheat varieties for the adaptation to climate crisis. However, the Ministry does not show any interest in the production and development of local seeds in the hands of farmers and participatory plant breeding. The basic approach of the ministry is to preserve the basic structure of modern wheat varieties.

What needs to be done in Turkey, the homeland of wheat, is to make use of local wheat varieties instead of extreme views that on the one hand recommend not eating bread at all and on the other ignore criticisms of modern wheats. Considering that there is no participative wheat breeding depending on local wheat varieties, and the yield of local varieties is low respectively in Turkey now, at that step, if the price received by farmers for local wheat varieties can be increased, the dissemination of them will be possible. After this dissemination begins, we can talk about entering a process that will end the health problems caused by modern wheat and the dependence of farmers on company seeds and agrochemicals, if participatory breeding studies are carried out based on local wheat varieties, and agroecological practices that will increase yield and reduce costs are adopted. With participatory breeding studies based on local wheat varieties, a large number of varieties or types without copyright will be produced in many regions (locations) instead of the existing system based on company hegemony. Participatory research and participatory breeding provide good examples of what scientists can achieve hand in hand with farmers.

The achievements of participatory plant breeding (PPB) are presented in the work of the Philippines-based Masipag organization called “Food Security and Farmer Empowerment” (www.masipag.org). For example, rice varieties developed by the Masipag organization in the Philippines have been very successful in the participatory breeding (Masipag, 2014). There has been no statistically significant difference in terms of yield per hectare between the paddy varieties developed by farmers and scientists, produced with ecological methods and the yields of paddy produced by industrial agriculture methods. However, while the yield regularly increases over the years in the ecological farming group, it decreases in the conventional group. Ecological group does not purchase inputs such as synthetic pesticides, chemical fertilizers, seeds. Then costs are falling. For this reason, net incomes in the ecological group have been 1.5 times higher than those engaged in industrial agriculture (Masipag, 2014).

Evolutionary-plant breeding which is also a PPB method using big populations had been applied in wheat, barley and rice successfully. Crop populations with a high level of genetic diversity are subjected to the forces of natural selection. Those plants favored under prevailing growing conditions are expected to contribute more seed to the next generation than plants with lower fitness (Döring et al., 2011).

Ceccarelli et al (2022) wrote about the results:

The examples of Iran, Italy and other countries indicate that Evolutionary Populations (EP) can be defined as “smart crops” because they represent a triple “win”. They are good for the planet, as they reduce the use of chemical inputs and allow adaptation to the complexity of climate change; they are good for the consumer as they produce healthy food and they are good for farmers as they generate income. The main hurdle in the diffusion of EPs is seed laws. EPs do not meet the Distinctness, Uniformity and Stability (DUS) requirements for their official registration and marketing, established by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV).

Various researches in the world has proved that the organizations that struggle to ensure the seed sovereignty, has accelerated the diffusion of local varieties, and agroecological practices. Research on two grassroots organizations affiliated with the “Colombian Free Seed Network” (RSCL) has shown that the activities of collecting and protecting local seeds have two types of impact on the spread of agroecology:

The first is a horizontal or scaling out effect, given that these activities involving the adoption of agroecological practices which allow for spreading knowledge, principles, and practices among seed custodians, their local communities and organizations, and the networks of these organizations. The second is a deepening effect, given that: 1) seed custodianship reaffirms and/or generates new peasant and indigenous identities and ways of life; 2) seed recovery, conservation, and defense conform a multi-dimensional process that is material, political, and symbolic, which provides cultural and territorial rootedness, and 3) strengthening of the social-organizational fabric through collective actions and strategies by seed custodians in their territories in defense of native and creole seeds. (López et al., 2019)

In an article examining three organizations in India and one organization in the USA, different practices in reappropriation of seeds were analyzed. (Patnaik, 2017). These organizations are the in-situ seed banks (LSP and Sambhay) which are two local non-governmental organizations in Odisha, India; OSSI (Open-Source Seed Initiative) in the USA, which implements the open-source approach, and OSSS (Open-Source Seed System) in India, which is affiliated with the Organic Agriculture Association. Two in situ seed banks in Odisha aim to repair the metabolic rift between nature and society created by capitalist agriculture and by the loss of agricultural biodiversity by providing indigenous farmers to access to seed and reuniting community and resources (seeds) (Patnaik, 2017). Organizations using the open-source approach bring seeds back from the realm of confiscation and monopolization through enclosure and restrictive sanctions to the collective sharing area based on open-source principles (ibid.). Both OSSI and OSSS use open-source licenses to prevent monopoly and appropriation. In the same context, LSP protects rice varieties, Sambhav tries to protect different plant varieties, OSSI gives more importance to seed breeders, OSSS works in a different socio-political context in India (ibid.). Despite their different working styles and purposes, these organizations have contributed significantly to the re-sharing of local seeds.

Vernooy et al. (2017) demonstrate that community seed banks are more successful in protecting and developing local seeds and local knowledge, and enhancing the resilience of communities against climate crisis.

Atalan Helicke (2019) based on fieldwork in Turkey, in her article examined the conservation and development outcomes for two traditional wheat varieties, einkorn (*Triticum monococcum*) and a local bread wheat variety zeron/zerun (*Triticum aestivum*). She wrote:

The two cases demonstrate the importance of the existence of a small, but dedicated group of farmers for traditional variety production over the years to sustain the continuity of seed exchange, and sustain traditional knowledge of seed saving and processing. Similarly, without addressing power relations, market mechanisms and collective action may fail. Participation problems may undermine access of farmers to the collective action and markets.

At the current stage in Turkey, the dissemination of local wheat varieties and its products such as bread and bulgur (cracked wheat), etc., is a difficult goal but should be reached. As seen in other researches, the presence of pioneer farmers is an important factor in seed selection, especially in wheat. The same may be true for the dissemination of local wheat (Keleş, 2019). To achieve this difficult dissemination, pioneering activities of dedicated farmer and consumers' groups are needed. There are communities working in this field in Turkey. This paper is examining the activities of these groups and trying to determine the success factors of this dissemination.

2. Materials and Methods

2.1. Material

The scope of this study is three producer groups in Çanakkale, Balıkesir and Kars provinces and five community supported agricultural groups in İzmir (Figure 1). The main reason why these producer groups were chosen especially from these provinces is that they show different structures in terms of organization, level, and forms of relations with local wheat producing farmers. In the Çanakkale group, in Bayramiç district, local wheat production is carried out by a single group member who moved to the countryside, and flour etc. products are marketed to different food groups and consumers. The Balıkesir group is located in the city center, but some of its members also engage in agricultural production. The group buys wheat and other agricultural products from 18-20 farmers and makes bread with sourdough. It also works as a food group. The Kars group, on the other hand, disseminated the local wheat varieties to all the farmers in 23 villages and 470 farmers by taking the Boğatepe Village as the center. The most important achievement of the Kars group is the dissemination of local *kavlıca wheat*. Local wheat has been cultivated for more than a decade and is now practiced by almost all the producers of the group. The group carries out its activities in the field with a holistic approach and creates associations and cooperatives.

As the consumer groups discussed in the research, there are five community supported agriculture groups working informally and collaboratively within the Ege University campus. Since the participatory action research methodology was used in the study, the groups were selected, who were the members and coordinators of these researchers. The Nature and Human Friendly Food Group, one of these groups, is the first community supported agriculture group established in İzmir, as it has been instrumental in the establishment of the other four groups on campus and continues to support them. These five groups work collaboratively on product demand, relation with farmers, etc. The founding group has 118 members. In the other groups, the number of members is much less. The members of community supported agriculture groups are academics, officers, and a small number of consumers located near campus. The Nature and Human Friendly Agriculture Group-established in the Department of Agricultural Economics-was the first group. Respectively, the Public Health Group, the Faculty of Economics Group, the Pathology Group and the DOKTAR (members of a techno park company) group were established. The DOKTAR group is now disbanded. All these groups are informal and do not have any relationship with the university administrations. Since the incoming products are shared by the members without waiting anywhere, there is no need for a place such as a warehouse or selling area. These food groups have relations with the producer groups mentioned. The food groups have bought flour and other foodstuffs from them, and actively participated and supported activities such as seed exchange festivals and conferences supported or organized by producer groups in these provinces. These food groups do not have a contractual and prepayment relationship with farmers like the "community supported agriculture" groups in France, Belgium. However, they provide various supports such as finance, marketing and information support to the farmers or bread producers they are affiliated with. In the last few years, these groups, together with other food groups in İzmir, have been working on production planning, finance, etc. with farmers in certain products (potatoes, onions, etc.) and making agreements. Thus, these groups show a progress towards gaining the qualification of advanced community supported agricultural groups.

These food groups examined, are suitable organizations from which information can be obtained, and participatory actions can be organized about the consumption of breads produced with sourdough from local wheat varieties.



Figure 1. The research areas

2.2. Method

Participatory action research methodology was used in this research. It may be useful to make a brief assessment of the development of these approaches. Rapid Rural Appraisal (RRA), which was developed and implemented in the 1980s, quickly developed and became widespread, turning into Participatory Rural Appraisal (PRA) in the 1990s (Chambers, 1994). Afterwards, Participatory Rural Appraisal (PRA) has evolved into Participatory Learning and Action (PLA) covering a wide range of subject and location (Chambers, 2004). The difference between participatory action research and other traditional researches, is that it does not distinguish between observation and action. Participatory action research is cyclical and dynamic. Problems are raised and discussed through participatory meetings with people living in the research area (Wadsworth, 1998). Observation and action are cyclically applied together throughout the research. In Participatory Action Research, hypotheses are determined together by the participants during the research process. Contrary in other studies, the participants are not excluded from this stage, then the reality is tried to be changed by intervening in life. Whether the recommendations are realistic or feasible is revealed during the research. In traditional research, action is usually taken after observation and data collection. In traditional research methodologies, it is unclear whether the recommendations will actually work. This may cause the action to fail and require a reboot to fix the problem. However, this will waste a lot of time. In addition, there is no guarantee that the research that will be repeated again will be successful. The same can be true for participatory action research. However, in every case of failure in participatory action research, a new method or theory can be developed (Wadsworth, 1998). In this research, participant observations were made in farmer/consumer groups and in-depth interviews were conducted with group members. Participatory action research methodology was used in the farmer/consumer groups and food groups in İzmir. The researchers are among the food groups coordinators at Ege University and are in contact with local wheat producer groups. The coordinators have been involved in activities such as buying flour, participating in the seed exchange festivals of the groups and giving support on various issues. They also worked in community supported agriculture groups to increase the consumption of breads made of local wheat varieties flours and sourdough. For this purpose, focus group studies and in-depth interviews with group members were conducted in groups. Flour made from local wheat varieties was purchased from producer groups, and a woman in İzmir urban area who knew how to make bread and women farmers who supplied food groups were encouraged to make bread. Due to the nature of participatory action research, information from real life experiences was compiled and analyzed of both the production of local wheat varieties and their consumption in food groups. Participation in focus group meetings held in food groups was higher than expected. 50 people attended the food group meeting of the Department of Agricultural Economics, which has 118 members. Almost all of the group members attended the meetings of the group of 30 people within the body of the Faculty of Medicine, Department of Public Health. The majority could not be achieved in the Faculty of Economics group meeting. However, one of the participants, an academician who teaches economic history, ensured that the meeting was held during the postgraduate course. A small number of food group members participated in this meeting. At the meeting, postgraduate students were encouraged to participate in the food group. Full participation was achieved in the DOKTAR group. The focus group could not be realized with the pathology group. In each food group, specific topics related to wheat and bread were also discussed, depending on the academic interest of the group. The information obtained from the producer groups was shared with the consumers in the focus groups, and solutions and suggestions were presented to increase the consumption of local wheat varieties breads and other products.

3. Results and Discussion

3.1. Producer Communities

The three producer groups in which the studies were carried out, differ among themselves in terms of working styles. The Çanakkale community has urban members and they have ecological values. Except for one member of the group, each member has different jobs in the cities. These members rarely contribute the farm. The group has also created a consumer community around itself. The community tried to establish relations with other peasants/farmers. Group members pioneered the organization of local seed exchange festivals in Çanakkale/Bayramiç. This community made efforts to conserve, test and propagate various local wheat varieties. Volunteers, who were partially paid, worked at the farm from time to time. Although the relations with the villagers were not very deep, they contributed to the appreciation of a local wheat variety (*yellow wheat*) in Bayramiç district.

They also contributed to the resistance against mining and geothermal initiatives that threaten the environment in Çanakkale.

The group founder, who lives in Yeniköy, has an engineering education, and has worked in cities so far. The founder started production in 2011 as part of an eco-project. He started production by adopting local seeds and determined wheat as his main production activity. He initially started production with only local wheat varieties suitable for the region, in the following years, he planted nearly twenty wheat varieties on the farm and put them to trial. The founder also set up a vegetable garden on the farm for his own needs. On the farm; barley, rye, about seven tomato varieties, 64 varieties of peppers, four varieties of potatoes and many other vegetables are grown.

The founder has developed a high biodiversity area by producing local wheat varieties with agroecological methods. This area consists of local wheat varieties seeds of which are difficult to find. Over time, it was seen that the members of the group left for varied reasons and the work was continued by only the founder.

“Balıkesir Life Friendly Product Solidarity, Production and Sharing Group” first started as a consumer movement. The leader of the community made efforts to produce bread made with sourdough based on local wheat varieties, using his own means. Instead of undertaking the production of wheat, the community establishes relations with the farmers in Balıkesir and buys the local wheat they produce at a slightly higher price than the market prices. The efforts of the community have contributed to the continued production of local wheat farmers.

This group contributed to the production and consumption of flour and bread made from local wheat varieties by food groups in other provinces. The Community also contributed to the production and consumption of flour and bread made from local wheat varieties by the food groups in other provinces. One of the aims of the group is to prevent the increasing rural gentrification. The group aims to support the peasants and farmers who have been in production for years instead of people who come to rural areas from cities and deal with agricultural production. In terms of the difficulty and continuity of agricultural production, people who already participate in rural production are considered more important for the group. For this reason, they aim to get organized in consumption rather than production. For this, they try to make the bread produced from local wheat varieties more attractive. The use of different local wheat varieties gives a positive result in terms of the taste of the bread. Half of the bread (50%) consists of Köse wheat for its soft texture. In addition, medium hard (Bezozta and Sarı buğday) and hard wheat (Karakılçık, Kızıl buğday and Akakser) are used. Kara Çavdar (10%) is mixed to enhance its taste. Breads and other products are sold to members and other consumers in a shop belonging to the group in Balıkesir city center.

The Kars community especially supported the disappearing local wheat varieties and prevented their extinction. The community first established a cooperative, then closed it and established an association (Boğatepe Environment and Life Association), then reconstituted by establishing a cooperative next to the association. The pioneers of the community are people who also have financial means. First of all, it is a dedicated community the aim of which is to develop their own village (Boğatepe) and to ensure welfare. The community was interested not only in the local wheat varieties but also in any subject in the villages. These include the evaluation of medicinal plants, the improvement of rural tourism, the establishment of a cheese museum, the production of traditional cheeses in ecological ways, the nutrition education, the development of home gardening, and the publication of books on various subjects. They sent ecological products to almost all community supported agriculture and food groups in Turkey with the marketing system they founded, and it has contributed to the success of these groups. The community has spread its influence in 23 villages, with the Boğatepe Village being the center. A direct affiliation has been established with the farmers. Sociologically, the social status of women in Kars is quite advanced compared to the country. One of the two co-chairmen and spokespersons of the group was a woman, and the women played a key role in the activities of group. The community has succeeded in spreading agroecological techniques in an area of 23 villages. Villagers, who has lost their seed sovereignty to a large extent before, now produce their own seeds in this region, and have learned and re-applied traditional knowledge about seed development from those who know. Similarly, farmers who use pesticides and chemical fertilizers have minimized them, and many farmers do not use them at all. Farmers who sell wheat and other products to intermediaries can sell their products directly to the consumers through the marketing system created by the community. This transformation has given farmers a significant autonomy. The villagers are proud of protecting the local wheat varieties, producing and consuming more delicious and valuable bread, bulgur, etc.

It can be said that the Kars community has been successful in its work. The factors behind this success could be listed as follows: Holistic approach practices, giving importance to women in activities and management, development of local seeds in the hands of farmers, importance they attach to reviving traditional knowledge, especially in seed selection and development, working in intense cooperation with farmers, seed sovereignty and the usage of local ecological agricultural inputs.

3.2. Community Supported Agriculture Groups

Efforts were made on the consumption of bread made with sourdough from local wheat varieties in community supported agriculture groups at Ege University and in a newly established neighborhood group, training studies were conducted, and problems were identified with focus group studies.

At first, flour was brought from the Balikesir community and bread was produced by a woman from the city in domestic conditions. The consumers did not like the first breads due to the hard texture of the breads. This manufacturing defect had not been fixed. Bread consumption decreased rapidly in the groups. As a result, this first bread maker was left. Later, a villager family that provided ecological products to the groups sent bread made of flour of the local wheat varieties they produced. Bread consumed in groups increased nearly twofold, thanks to the fact that bread was brought with other products and the bread could be made softer than the previous ones. Bread was brought to the groups once a week along with other products. However, under these conditions, transportation and bread production costs are that much high, which causes the price of bread nearly three times that of industrial bread. These problems have been overcome because the groups' members were in the middle-income group and most of them are highly educated. However, this also has a limit. Although it changes according to the weeks, only about half of the members of the groups demanded these breads. The occasional disruptions in the supply of bread have been also effective in the low rate of this.

Table 1. The perceived benefits and problems of sourdough breads produced from local wheat varieties by food groups members

Benefits	Problems
Health <ul style="list-style-type: none"> No chemical additives and pesticides Rich in minerals and vitamins Good for the digestive system, satiating Healthy blood sugar level Psychological 	Expensive Price: Local wheat bread: 300 gr, 2,82 TL. Industrial bread: 300 gr, 1 TL.
Delicious	Hardness
Good taste (for the majority of group members)	Unusual taste (for some group members)
Values <ul style="list-style-type: none"> Solidarity with the peasant Ecological benefit Contribution to biodiversity 	
Less waste	
Accessibility	

The consumption of local wheat varieties bread is generally considered healthy by group members. In addition, the perception that it is rich in minerals and vitamins is one of the factors that support the consumption. It is thought that blood sugar can be kept more evenly by its consumption. This bread is healthy for the digestive system. While, most members stated that the breads were delicious, some people had digestive problems. Consumption of this bread also provided psychological benefits to people in terms of values. The idea that they support the peasants, biodiversity and ecology is widespread among consumers. The fact that the consumption of these breads is not excessive because they are satisfying, is one of the supporting factors. At the same time, the long shelf life of wheat landraces bread prevents waste. Bringing bread to the place where members work also provides convenience in terms of access and preference. However, the price of local wheat varieties bread is approximately three times higher than industrial bread. One of the negative factors is that the bread is produced harder from time to time. As a result, even in the groups discussed, not all members consume bread produced with sourdough from local wheat varieties.

The perceived benefits and problems of sourdough breads produced from local wheat varieties are summarized in *Table 1*.

The problems can be solved to a great extent if widespread production of local wheats and breads is carried out. However, this is undoubtedly a difficult goal to achieve. In this first stage; The support of educated and middle-income people is needed to protect and spread local wheats and to increase the consumption of bread and other products produced from local wheats. This is the first stage we are in. Serious support of central and local government is needed for much more widespread production and consumption. It is also necessary for wheat breeders to start a program based on local wheat varieties by adopting participatory breeding approaches, and the extension of agroecological techniques is required. This issue will be discussed in the next section.

3.3. *The Role of Central and Local Governments*

Central and local governments can greatly influence the dissemination of local wheat varieties and products. Rosset and Altieri state that:

National policies not supportive of agroecological approaches are largely responsible for alternatives remaining in the margins. In most countries there is a continuous policy failure in providing the adequate economic environment needed for the transition to agroecological production systems” (Rosset and Altieri, 2017).

The central government considers local wheat varieties only as breeding material for modern wheats in Turkey. The research work of the Ministry of Agriculture and Forestry is directed towards this goal. In many municipalities, there is a strong will to protect and disseminate the local seed varieties contrary to the central government. Starting from 2010, municipalities with a progressive attitude mainly in Western Anatolia contributed to the organization of seed exchange festivals or organized them by their own. Some municipalities such as Seferihisar/İzmir, Muğla, Nilüfer/Bursa, Çanakkale, İzmir, Edirne have established seed centers and contributed to the protection and propagation of the seeds of many products, including wheat. Seferihisar Municipality strongly supported Topan Karakılçık wheat variety. This local variety is distributed to farmers, and thus, the extinction of the variety has been prevented. The municipality bought the wheat from the farmer and distributed the flour to the villagers who would make bread, thereby ensured the recognition of the bread (Nizam and Yenal, 2020). In Turkey, as in the world, modern wheat varieties and industrial bread production are accepted as a dominant paradigm for both farmers and the majority of consumers. This industrial agriculture system, which causes the global climate crisis, unhealthy nutrition, farmers' loss of seed sovereignty, and their dependence on agricultural input industries and food industries, is seen as indispensable. However, this paradigm can be changed, and central and local governments can play serious roles in this regard. Using the model prepared by the "International Panel of Experts on Sustainable Food Systems", we can list the things that can be done in this regard as follows (IPES-Food, 2016).

Against path dependency: The production of modern wheat for years has created a path dependency that makes it difficult for farmers to switch to a different production model. First of all, it has become difficult to find seeds of local wheat varieties. If seeds are provided easily, with high quality and cheaply, this path dependency will begin to be broken. Weeds have increased due to the chemical fertilizers used and the problem has grown due to the inability of short modern wheats to suppress these weeds, and the use of herbicides has become inevitable. The herbicides usage has created another path dependency. Agroecological techniques, such as plowing at different levels, should be expanded for managing weeds.

Similarly, another path dependency has emerged in flour production. Flour machines have been developed in accordance with modern wheat varieties. Existing flour industry machinery is incapable for some local wheat varieties which are hard shelled. Appropriate machines have started to be produced in Turkey. The improvement and supporting of these machines would be beneficial.

Against the export and mass marketing orientation: An important part of wheat production and import in Turkey is allocated to flour and pasta exports. Large flour, pasta and bread companies lead to

the exclusion of local wheat varieties by determining the wheat varieties and standards they buy. There is no other option but to use local wheat as animal feed. It is not easy to obtain products such as local wheat flours and sourdough bread etc. While food groups provide these to consumers at reasonable prices, they can also provide better prices for farmers. However, these products are sold at high prices in the markets, yet there are doubts that

they are truly ecologically produced. Community supported agricultural groups, consumer cooperatives, ecological peasant markets, farmer cooperatives can be supported to solve these problems. Support of these options by the central government and local governments will contribute to the dissemination of local wheat varieties and agroecological techniques.

Against the expectation of cheap food: Ecological products are considered expensive by consumers. On the other hand, as a result of the inadequacy of direct marketing opportunities, those who produce ecological products sometimes cannot sell their products or sell them at the price of industrial agricultural products. Central and local governments can support this production by purchasing ecological and local wheat varieties from farmers at better prices. Nutrition education can also be given to large masses of people in this regard. In these trainings, it can be explained that it is possible to consume less bread because it is satisfying, and that unhealthy bread and bulgur consumption is more expensive with health costs as a result. Undoubtedly, as a result of participatory breeding activities to be carried out based on local wheat varieties, yield will increase and costs will decrease, which will lead to a decrease in the prices of these products in the long run. However, at this stage, flour of some local wheat varieties such as siyez and kavlıca, which have become especially famous, are sold at high prices. High selling prices at this transitional stage have a positive effect on the dissemination of cultivation of these varieties, but gentrification is detrimental in the long run. It is not widely possible for low-income large segments of population to consume bread made from local wheat in Turkey's economic conditions at this stage. In order to reach this stage, the above-mentioned developments must be achieved.

Against the discourse of feeding the world: The discourses that the ecological production of local wheat varieties cannot feed the world are very common at all levels. It should be explained that local wheat varieties are more nutritious and satisfying, and it may not decrease the production to use agroecological methods. It should be emphasized that by improving pastures, a significant part of the grain that goes to feed use can be allocated to human nutrition. It is necessary to bring together experts and movements related to agroecology and participatory breeding to work together.

Against compartmentalized thinking: Different issues such as consumption, production, health, and the global climate crisis are not approached with in an integrated manner but are discussed in separate sections. The topics of agroecology, participatory plant breeding and holistic food systems; should enter the fields of education and research. It would be beneficial for local governments to contribute to the establishment of organizations like Masipag.

Against short-term thinking: Food planning processes and food policies should be developed and integrated at all levels. The prominence of food and seed sovereignty approaches can be supported.

Changing the criteria for the measure of success: It can be demonstrated that local wheat varieties may not fail by discussing criteria such as the emphasis on the measurement of nutrients per hectare and the output at the farm level instead of yield per hectare in wheat.

4. Conclusions

Local wheat varieties still exist in Turkey, where wheat was first cultivated and has rich wild ancestors. Conservation of these varieties is of vital importance for the whole world. The increase in the use of agricultural chemicals in the green revolution and the wheat varieties developed with the breeding programs of international research institutes have led to the decline of local wheat varieties in Turkey, which is in danger of extinction. There are critical researches that these new modern wheats pose serious problems in terms of nutrition. These developments also caused farmers to lose seed sovereignty. Farmers have become dependent individuals who buy their seeds from companies, spend a considerable amount of their money on industrial inputs, forget their knowledge of ecological production and as a result, lose their autonomy.

The success factors of the leading farmer/consumer communities and food groups aiming at the ecological production of local wheat varieties and the consumption of their products such as bread and bulgur were tried to be revealed with this study.

In this research, it has been inferred that the farmer/consumer communities that are more successful in producing local wheat varieties and especially intensifying them in a certain area have the following characteristics and these

factors lead to success:

- They establish closer relations with the farmers in their region
- They assist farmers in providing seeds of local wheat varieties
- They give women a greater importance in their activities and support them
- They deal not only with wheat production, but also with other issues of the rural area, including culture, and carry out a holistic approach
- They are also interested in the sale of the product, enabling the farmer to obtain higher prices.

Farmers producing local wheat varieties have applied agroecological techniques and were happy with reduced costs and seed sovereignty. In addition, they are very satisfied with consuming their own products that are high in taste, healthy and easy to digest.

Community supported agriculture groups cooperating with these producer groups and with the farmers in their regions on bread production. However, due to high logistic costs, bread production costs were higher than industrial breads, and distribution stopped from time to time. It was not possible to ensure that all members of the food groups benefit from these breads.

The reasons why food group members prefer these breads are as follows:

- not containing toxic substances, being nutritious and satiating, being healthy
- Less waste
- Delivery to workplaces, easy access to the product
- Contributing to ecology, enriching biodiversity, supporting peasants

The reasons for those who do not prefer these breads are as follows:

- More expensive
- Sometimes hard
- Unusual taste
- Not being provided regularly

The numbers of pioneer groups, farmers and new peasants which produce local wheat varieties are increasing in Turkey. Some well-known ancient wheat varieties are sold at very high prices, while other local varieties can be sold at better prices than modern wheats.

Progressive municipalities organized or contributed to seed exchange festivals, established seed centers, distributed seed and other seedlings and as a result accelerated the spread of local wheat varieties. There is a need for some interventions by municipalities and public institutions to promote bread made with local wheat, wheat derived from local wheat and sourdough. These can be listed as follows:

- Supporting the production and consumption of bread and bulgur made with local wheat and sourdough through price and taxation. For this purpose, financing cooperatives to make purchases can be considered.
- Municipality and public sector to establish a bread factory and purchase local wheat produced in an agroecological system.
- Purchasing these products to be used in official institutions, schools, army cafeterias, to help the poor people.
- Supporting research studies for the production of local wheat and sourdough bread and other products within the agroecological agricultural system.
- Develop new criteria and standards for sustainable wheat and bread production and strictly enforce them in wheat production and bread production.

Industrial agriculture has created some path dependencies which is limiting local wheat varieties. The lack of seeds

of local wheat varieties, the unsuitability of existing flour production machines, the difficulties in ecological production can be overcome with the support and training activities of municipalities. Participatory wheat breeding studies, in which farmers are appreciated as equal stakeholders, will increase the yield, and will contribute to the solution of some problems. Currently, professional plant breeders stay away from this subject and do not support it, and even a significant part of them is not even informed of it. In this regard, there is a need for pioneering organizations to cooperate with plant breeders. When these studies are carried out, problems such as yield, and high bread cost will be solved significantly.

Acknowledgment

This research was financed by Ege University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project Number: 2016-ZRF-021), Turkey.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the article authors. "We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

The idea of the original draft belongs to TÖ. The introduction, material, and methods sections are written by MYY. Research findings and conclusion sections are written by MYY and TÖ. MYY did data collection. MYY and TÖ constructed together the research area section in the study. The manuscript is reviewed and edited by MYY and TÖ. Both of the authors read and approved the final manuscript.

References

- Akçura, M., Hocaoğlu, O. and Kılıç, H. (2002). Comparison of Local Bread Wheat Lines Belonging to the Black Sea Region with Registered Bread Wheat Varieties in terms of Grain Nutrient Content. *Turkey 10th Field Crops Congress*, Konya, Türkiye. (In Turkish).
- Atalan-Helicke, N. (2019). Markets and collective action: A case study of traditional wheat varieties in Turkey. *Journal of Economy Culture and Society*, 59: 13–30. <https://doi.org/10.26650/JECS402676>
- Boxstael, F., Aerts, H., Linssen S., Latré, J., Christiaens, A., Haesaert, G., Dierick, I., Brusselled, J. and De Keyzera, W. (2020). A Comparison of The Nutritional Value of Einkorn, Emmer, Khorasan, and Modern Wheat: Whole Grains, Processed in Bread, and Population-Level intake Implications. *Journal of the Science and Food of Agriculture*, 100: 4108–4118. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10402>
- Ceccarelli, S., Grando, S., Salimi, M. and Razavi, K. (2022). Evolutionary Populations for Sustainable Food Security and Food Sovereignty. In *Seeds for Diversity and Inclusion- Agroecology and Endogenous Development*, edited by Yoshiaki Nishikawa and Michel Pimbert, Palgrave Macmillan, 121–136. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89405-4>
- Chambers, R. (1994). The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development*, 22(7): 953–969.
- Chambers, R. (2004). Reflections and Directions: A Personal Note. In *PLA 50: Critical Reflections, Future Directions*. Edited by Robert Chambers, Nicole Kenton and Holly Ashley, London.
- Davis, W. (2011). *Wheat Belly*. Rodale Inc., New York.
- Dohan, F. C. (1966). Wheat ‘consumption’ and hospital admissions for schizophrenia during World War II. *A preliminary Report*, (1): 7–10.
- Gökgöl, M. (1939). *Turkey Wheat (Die Türkischen Weizen)*. Vol. 2. Tan Matbaası, Istanbul.
- Gökgöl, M. (1954). *General Basics of Wheat (Buğday Islahının Genel Temelleri)*. Vol. 1. Karınca Matbaası, Ankara.
- Hocaoğlu, O. and Akçura, M. (2017). Evaluating mineral contents of selected bread wheat landrace pure lines derived from West Anatolia and Marmara Regions and cultivars by GGE Biplot. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, The Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress, 71–76.
- IPES (2016). From Uniformity to Diversity: A Paradigm Shift from Industrial Agriculture to Diversified Agroecological Systems. *International Panel of Experts on Sustainable Food systems*. Report 2:45–57.
- Karakoç, U. (2008). *Productivity and structure in Turkish agriculture 1950-1991*. (MSc thesis) London School of Economics and Political Science, London, England.
- Keleş, G. (2019). Analysis of factors affecting seed preferences of wheat producers in Thrace Region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(3): 423-431. (In Turkish)
- Kimber, G and Feldman, M. (1987). Wild Wheat: An Introduction. In *Special Report 353*. College of Agriculture, University of Missouri-Columbia.
- Koçtürk, O. N. (2009). *Fear of Hunger*. Özdoğan Matbaa, Ankara. (In Turkish)
- López, V. G., Giraldo, O. F., Morales, H., Rosset P. M. and Duarte, J. M. (2019). Seed sovereignty and agroecological scaling: two cases of seed recovery, conservation, and defense in Colombia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(7-8): 827–847. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1578720>
- Magdoff, F., Foster, J. B. and Buttel F. H. (2000). *Hungry for Profit, The Agribusiness Threat to Farmers, Food, and The Environment*. Monthly Review Press, New York.
- Masipag (2014). Rice Yields. In *Food Security and Farmer Empowerment-A study of the impacts of farmer-led sustainable agriculture in the Philippines*. Cahpter 4: 53–58. <https://masipag.org/wp-content/uploads/2014/03/Chapter-4-Rice-yields.pdf> (Accessed Date: 13.12.2021)
- Nizam, D. and Yenil, Z. (2020). Seed politics in Turkey: the awakening of a landrace wheat and its prospects, *The Journal of Peasant Studies*, 47(4): 741–766. <https://doi.org/10.1080/03066150.2019.170872>
- Patnaik, A., Jongerden J. and Ruivenkamp G. (2017). Repossession through sharing of and access to seeds: different cases and practices. *International Review of Sociology*, 27(1): 179–201. <https://doi.org/10.1080/03906701.2016.1235213>
- Perkins, J. H. (1997). *Geopolitics and Green Revolution. Wheat Genes and The Cold War: Wheat Breeding in The Green Revolution*. Oxford University Press, UK.
- Powell, W., Wilhelm E. P., Boulton, M. I., Barber, T. E. S. and Greenland, A. J. (2013). Genotype analysis of the wheat semi dwarf Rht-B1b and Rht-D1b Ancestral Lineage. *Plant Breeding*, 132: 539–545.
- Rosset, M. P. and Altieri, M. A. (2017). *Agroecology: Science and Politics*. Fernwood Publishing, Canada.
- Smale, M. (1997). The green revolution and wheat genetic diversity: Some unfounded assumptions. *World Development*, 25(8): 1257–1269.
- Thomas, F. D., Samuel, K., Kovacs, G., Murphy, K. and Wolfe M. S. (2011). Evolutionary plant breeding in cereals-into a new era. *Sustainability*, 3(10): 1944–1971. <https://doi.org/10.3390/su3101944>

- Uhri, A. (2011). Dietary Concerns: A Cultural History of Agriculture and Nutrition in the Light of Archaeological, Archaeobotanical, Historical and Etymological Data. Ege Yayınları, İstanbul, Türkiye. (In Turkish)
- Vernooy, R., Sthapit, B., Otieno, G., Shrestha, P. and Gupta, A. (2017). The roles of community seed banks in climate change adaption. *Development in Practice* 27(3): 316–327. <https://doi.org/10.1080/09614524.2017.1294653>
- Wadsworth, Y. (1998). What Is Participatory Action Research? Action Research international, Institute of Workplace Research. Learning and Development, and Southern Cross University Press.
- WWF (2016). Wheat Atlas of Turkey. <https://www.wwf.org.tr/?6140/turkiyeninbugdayatlasi> (Accessed Date: 25.08.2022).

Genotype and Environment Effect on Yield and Quality Parameters and Stability in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars under Rainfed Conditions


Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Yağışlı Koşullarda Verim ve Kalite Parametrelerine Genotip Çevre Etkisi ve Stabilitate

İrfan ÖZTÜRK¹

Abstract

The significant genotype by environment interaction is a major matter for wheat breeding research. The study was carried out for seven growing season (between 2010-2011 and 2016-2017) in the Edirne location in the Trakya region, Türkiye. Each year was considered as a single environment. In the study, a regional yield trial of 25 genotypes, 5 of which were standard cultivars were evaluated across seven environments. The experiments were arranged in a randomized complete block design (RCBD) with four replications. The characters such as yield, days to heading, plant height, thousand kernel weight, hectoliter weight, protein ratio, wet gluten content, gluten index, grain hardness and sedimentation value were investigated in the study. The result of the variance analysis (ANOVA) demonstrated considerable differences ($p<0.01$ and $p<0.05$) among environments for the characters and among genotypes except for test weight and grain hardness. The highest grain yielding cultivar was Gelibolu with 7234 kg ha⁻¹. According to the results, the yield was affected by the environment by 70.90%, genotypes by 3.46% and their interaction by 11.35%. Environmental impact was responsible for much of the change. Mean grain yield over seven environments varied with the lowest being 4454 kg ha⁻¹ in E6 and the highest being 8158 kg ha⁻¹ in environment E4. The fact that there was an 83.2% yield difference between the environments in the study showed the importance of the environmental impact. The highest grain hardness, sedimentation value, gluten content and protein ratio were determined in E1. The biplot analysis results explained that Selimiye is an ideal cultivar and E1 is an ideal environment. In the study, E7 and E2 were the most discriminative environments, while E4 was the least discriminating. Among the varieties, Aldane had high values in terms of sedimentation, protein ratio and gluten value, while Pehlivan variety had high values in terms of test weight, 1000 grain weight and grain hardness. As a result of the research, the importance of genotype and environmental effects on yield and quality was also seen in this research.

Keywords: Bread wheat, Cultivar, Environment, Yield, Quality, GGE biplot

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İrfan Öztürk, Trakya Agriculture Research Institute, Edirne, Türkiye. E-mail: ozturkirfan62@yahoo.com  OrcID: 0000-0002-1858-0790

Atıf: Öztürk, İ. (2024). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde yağışlı koşullarda verim ve kalite parametrelerine genotip çevre etkisi ve stabilite. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 324-334.

Citation: Öztürk, İ. (2024). Environment effect on yield and quality parameters and stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under rainfed conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 324-334.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Genotip çevre etkileşimi buğday ıslahı araştırmaları için önemli bir husustur. Araştırma, Trakya Bölgesi (Türkiye) Edirne lokasyonunda 2010-2011 ve 2016-2017 üretim yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada her yıl tek bir ortam olarak kabul edilmiştir. Araştırma 25 genotipten oluşan bölge verim denemesindeki beş ekmeçlik buğday çeşidi yedi farklı çevrede test edilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre (RCBD) dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tane verimi, başaklanma gün sayısı, bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, yaş glüten oranı, glüten indeksi, tane sertliği ve sedimantasyon değerleri incelenmiştir. Birleşik varyans analizi (ANOVA), tüm özellikler için çevreler arasında önemli farklılık, çeşitler arasında ise hektolitre ağırlığı ve tane sertliği dışında diğer parametrelerde önemli farklılıklar ($P<0.01$ ve $P<0.05$) olduğunu ortaya çıkarmıştır. En yüksek tane verimi 7234 kg ha⁻¹ ile Gelibolu çeşidinde belirlenmiştir. Açıklanan faktörler, tane veriminin %70.90 çevre, %3.46 genotip ve %11.35'i ise genotip çevre etkileşiminden olduğunu göstermiştir. Varyasyonun büyük bir kısmının çevresel etkiden kaynaklandığı görülmüştür. Yedi farklı çevre koşullarına göre ortalama tane verimi, en yüksek 8158 kg ha⁻¹ ile E4'te, en düşük 4454 kg ha⁻¹ ile E6'da belirlenmiştir. Çalışmada yüksek ve düşük çevreler arasında %83.20 verim farkı olması, çevresel etkinin önemini göstermiştir. En yüksek protein oranı, yaş gluten içeriği, tane sertliği ve sedimantasyon E1'de belirlenmiştir. Biplot analizi sonuçları, Selimiye'nin daha ideal bir çeşit olduğunu ve E1'in daha ideal bir ortama sahip olduğunu göstermiştir. Orijinden en uzun vektörler ile E7 ve E2 ortamları en fazla ayırt edici çevre olurken, E4 en az ayırt edici çevre olmuştur. Aldane çeşidi, sedimantasyon değeri, protein oranı ve yaş gluten içeriği ile öne çıkarken, Pehlivan çeşidi, hektolitre ağırlığı, 1000 tane ağırlığı ve tane sertliği bakımından yüksek değerlere sahip olmuştur. Araştırma sonucu, çevrenin incelenen parametrelere etkisinin çok önemli olduğu, bu nedenle ıslah çalışmalarının farklı çevre koşullarında yürütülmesinin etkili bir seleksiyon için çok önemli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmeçlik buğday, Çeşit, Çevre, Verim, Kalite, GGE Biplot

1. Introduction

The widespread cultivation of the crop all along the globe is broadly due to the high versatility of evolution, which allows its adaptation to various agro-climatic conditions. The knowledge about the essence and content of genotype \times environment relations can help plant breeders. Consistently good adaptation across various environments must be one of the essential criteria while assessing any wheat genotype (Kant et al., 2014). Bread wheat is the most widely produced crop due to the various environmental conditions yield and bread quality in various wheat genotypes. Biplot analysis is an important method used to evaluate genotypes according to target environments with the interaction of genotype and environment (Öztürk and Korkut, 2018; Öztürk, 2021). Drought stress is the primary abiotic stress factor and lower moisture during grain filling stages influenced the bread wheat yield and yield component (Öztürk and Korkut, 2017). Due to the presence of genotype by environment relations, multi-environmental trials are essential for effective breeding line selection and cultivar recommendation. AMMI and biplot analysis are two prevalent graphical analysis systems for multi-environmental trial data analysis (Yan, 2011). Genotype, Environment and its interaction biplot analysis consisting of two principal component analyses (PC1 and PC2), which considers the effects of genotype, environment and G \times E interactions as important sources of variation, has been suggested during the genotype evaluation phase (Yan et al., 2000). Biplot analysis is used to specify stable cultivars with high yield potential. It can also be useful in determining which-won-where wins which of the genotypes represent (Yan, 2001). The polygonal sight of the GGE biplot shows the most suitable genotype or genotypes in individual conditions and environmental group. The polygon model is made by merging the genotype points distant from the biplot source so that all other genotypes are included in the polygon (Yan and Hunt, 2002). Genotype environment interactions can be determined in multi-year yield trials at the same location or in multi-year yield trials at different locations. Studies to determine the stability of genotypes should be long-term (Kang, 1993). Genetic improvement in wheat yields in arid regions has not been as significant as in more favourable environments or where irrigation is available. A possible explanation for this is that arid conditions are indicated by unreliable and highly irregular seasonal precipitation and, therefore, favourably varying yields. This results in slow genetic advances in breeding programs because the genetic divergence in yield is hidden by comprehensive genotype \times year and genotype \times location interactions (Reynolds et al., 2001).

In bread wheat, baking quality and yield are connected to genetic factors, environmental conditions and the interaction between genotype \times environment (Yan and Holland, 2010; Coventry et al., 2011; Zhang et al., 2007). In the breeding experiment, genotype by environment interaction is the main issue in improving high-yielding and stable genotypes across variable environments. Quality parameters in wheat are significantly affected by changing environmental conditions. The existence of different interactions between cultivars and environments shows the importance of genotype-environment interaction in breeding studies. The environmental effect was significant in protein ratio, wet gluten content and sedimentation value (Öztürk and Kahraman, 2022). The protein ratio in wheat depends primarily on genotype, but it is also greatly influenced by the environment and the relations between environment and genotype (Zhu and Khan, 2001).

Bread wheat is the most important cereals with the production and consumption of many different bakery products. Due to the production of bread wheat in very large areas and various environmental conditions, it is exposed to environmental stresses with the effect of climate change. Yield in bread wheat is highly affected by climatic factors such as precipitation and temperature. Especially in the heading-flowering and grain-filling period, the high temperature reduces the yield and quality significantly. Quality in bread wheat is affected by genotype, nitrogen fertilization and environmental conditions such as precipitation and temperature. For these reasons, it is necessary to conduct multi-location studies to develop genotypes that are stable in yield and quality and adapt to changing environmental conditions in bread wheat. This study was performed to examine the environmental effects on the yield and quality parameters of the wheat varieties.

2. Materials and Methods

The study was carried out during 7 consecutive growing seasons (between the 2010-2011 and 2016-2017) in the Edirne location (41° 38' 59" N) in the Trakya region, Turkey. Each year was considered as a single environment. Year and climate differences were evaluated as different environments. A total of 5 bread wheat cultivars were tested across seven environments. The experiments were performed with four replications in a randomized complete block design (RCBD). In the study, each plot was 6 meters long and had 6 rows, spaced 0.17

meters apart. A plot drill performed sowing and 500 seeds per square meter were used. Sowings were performed using a plot drill in October and 170 kg ha⁻¹ N was applied three times (at planting, tillering and shooting stages). For weed control, a chemical was used. Data on yield (GY), plant height (PH), days to heading (DH) were collected. Yield was determined from plots of 6 m².

Days to 50% heading: The number of days from the date of 1 October up to the date when the tips of the spike first emerged from the main shoots on 50% of the plants in a plot (Zadoks 55) (Zadoks et al., 1974).

Plant height (cm): The height of ten randomly taken plants was measured at harvest maturity from the ground level to the tip of the tallest spike in centimetres and averaged.

2.1. Wheat quality analyses

Data on 1000-kernel weight (TKW), test weight (TW), protein ratio (PRT), wet gluten value (GLT), gluten index value (IND) and sedimentation value (SED) were collected. In the study, in order to determine the 1000-kernel weight an electronic seed counter was used. The test weight of the cultivars was determined by Anonymous, (1992) (AACC Method no: 55-10). The protein ratio in genotypes was established using the Kjeldahl method (Perten, 1990; Anonymous, 2002). Wet gluten content and gluten index, and were described by the Perten (1990) and McDonald (1994). Sedimentation test was also performed on the varieties (Anonymous, 1999).

2.2 Meteorological Conditions

Total rainfall and mean temperature in the experimental area from the 2010-2011 to 2016-2017 crop cycles were given in *Table 1* and 2. Total precipitation has varied over the years, with the highest being in 2012-2013 and the lowest being in 2010-2011. There were also changes in total precipitation according to months. Precipitation and temperature during the heading and grain filling periods are more important for yield and quality than other months. The highest rainfall was 679.9 mm, while the lowest rainfall was 331.0 mm (*Table 1*).

The average temperature varied from 9.0 °C in 2016-2017 to 13.2 °C in the 2012-2013 growing seasons. There was a significant difference in average temperatures between months and years during the heading and grain filling periods. Especially temperature during the grain filling period affects yield and quality parameters (*Table 2*).

Table 1. Monthly total precipitation for the growing seasons from 2010-2011 to 2016-2017 cycles

Months	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
October	68.5	95.0	169.9	30.7	121.8	52.6	44.4
November	39.7	1.4	24.8	73.9	43.2	26.2	3.2
December	34.4	71.4	184.6	2.3	111.3	0.3	3.2
January	34.4	108.8	100.0	74.9	42.2	114.8	67.8
February	45.8	43.4	88.8	3.8	68.6	91.4	43.4
Marc	16.0	4.6	52.8	124.5	67.8	54.8	51.0
April	47.4	55.7	16.0	36.8	44.4	116.1	65.6
May	12.4	104.6	8.0	61.7	45.2	81.4	85.0
June	32.4	0.4	35.0	68.8	31.0	10.2	44.4
Total	331.0	485.3	679.9	477.4	575.5	547.8	408.0

Table 2. Monthly mean temperature for the growing seasons from 2010-2011 to 2016-2017 cycles

Months	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
October	13.0	12.3	19.2	12.8	15.4	15.6	14.3
November	13.5	6.1	13.7	11.0	9.3	13.5	0.7
December	5.7	7.8	6.4	2.7	6.6	5.5	0.7
January	5.7	2.0	6.5	5.5	3.8	2.8	-1.9
February	2.5	1.5	7.8	7.6	6.4	9.2	5.3
Marc	7.4	8.9	9.6	10.1	9.0	10.2	10.2
April	10.5	15.5	13.5	13.6	13.1	15.5	12.5
May	17.4	19.1	19.5	18.6	20.4	17.4	17.9
June	21.9	25.3	22.4	22.9	22.5	23.9	21.2
Mean	10.8	10.9	13.2	11.6	11.8	12.6	9.0

Seven different environments where the research was conducted were defined according to rainfall amount and temperature. E1 was the period with the least rainfall during growing period the heading stages. In E2, the grain filling period was high drought and temperature. In E3, there was low rainfall and drought during the heading stage. E4 and E5 are the periods in which there is no drought or heat stress during plant development. E6 is the period in which there is drought stress during grain grain-filling stage. E7 is the period in which there is drought stress during plant emergence and tillering stage.

2.3. Statistical analyses

The analysis of variance (ANOVA) for the characters were performed in methods suggest by Gomez and Gomez (1984). The significance of differences among means of genotypes and environments for the traits was tested by the Least Significant Difference (LSD at a %5 level) test. To obtain relations of investigated parameters and wheat cultivars multivariate biplot analysis was used (Yan and Kang, 2002; Yan and Rajcan, 2002; Yan and Tinker, 2006). The GGE biplot methodology was used to graphically analyse the GE interaction data (Yan et al., 2000).

3. Results and Discussion

Results of the AMMI analysis for grain yield of bread wheat cultivars tested across seven environments are summarised in *Table 3*. The AMMI analysis results explained variation among genotype, environment, and their interaction at $p < 0.01$ level revealed significant differences.

Results of the analysis of variance for the quality parameters of mean square and F ratio were given in *Table 4*. The combined ANOVA showed significant differences ($p < 0.01$ and $p < 0.05$) among environments for parameters (*Table 4*). A significant difference was also determined among cultivars except for test weight (TW), and hardness (HARD). The partitioning of SST revealed that the interaction of the environment effect was a predominant source of variation followed by the G×E interaction effect. The analysis of variance in grain yield indicated that environment effects accounted for 70.90%, genotype 3.46%, and GE interaction effects accounted for 11.35% of the total sum of squares (*Table 3*).

Table 3. The analysis of variance of AMMI on grain yield of bread wheat cultivars

Source of variation	DF	SS	MS	F ratio	SST%
Treatments	34	2046915	60203**	20.20	
Genotypes (G)	4	82751	20688**	6.94	3.46
Environments (E)	6	1693040	282173**	65.43	70.90
Block	21	90564	4313	1.45	
Interactions (G×E)	24	271125	11297**	3.79	11.35
IPCA	9	147456	16384**	5.50	6.17
IPCA	7	85155	12165	4.08	3.56
Residuals	8	38514	4814	1.62	
Error	84	250395	2981		
Total	139	2387874	17179		

** : Significant at the 1% level of probability, DF: Degree of freedom, SS: Sum of square, MS: Mean of square, SST%: Percentage relative to the sum of squares total

Table 4. Mean square of genotype, environment and its interaction for quality traits in seven environments

Quality characters	Genotypes (G)		Environment (E)	
	MS	F Ratio	MS	F Ratio
1000-kernel weight (TKW)	45.694**	5.073	127.220**	14.123
Test weight (TW)	2.488	2.104	17.889**	15.126
Protein ratio (PRT)	4.087**	6.785	12.927**	21.461
Wet gluten value (GLT)	110.717**	11.698	174.113**	18.396
Gluten index (IND)	1398.534**	15.840	279.055*	3.161
Hardness (HARD)	17.029	1.633	45.048**	4.320
Sedimentation (SED)	408.314**	18.876	490.714**	22.686

The results of the analysis of variance explained that there were significant differences ($p < 0.01$) among cultivars for grain yield. The mean grain yield across seven environments varied from the smallest 4454 kg ha⁻¹ in

E6 to the highest 8158 kg ha⁻¹ in environment E4. The fact that there was an 83.2% yield difference between the environments in the study showed the importance of the environmental impact. Significant differences were found between cultivars due to environmental effects. The highest grain yield was performed by cultivar Selimiye (6957 kg ha⁻¹) and followed by Bereket and Pehlivan (Table 5).

Table 5. The average grain yield of the cultivars over seven environments

No	Cultivars	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Mean
1	Aldane	6323 ^a	5904 ^d	7030 ^a	7601 ^b	6583 ^b	4922 ^a	7033 ^b	6485 ^c
2	Selimiye	6970 ^a	7143 ^{bc}	7555 ^a	8560 ^a	6625 ^b	3947 ^b	7895 ^a	6957 ^{ab}
3	Bereket	6121 ^a	7957 ^a	7570 ^a	7816 ^{ab}	6289 ^b	4254 ^b	7662 ^a	6810 ^b
4	Pehlivan	7133 ^a	7056 ^c	7439 ^a	8045 ^{ab}	6399 ^b	3821 ^b	7748 ^a	6806 ^b
5	Gelibolu	6212 ^a	7685 ^{ab}	6767 ^a	8768 ^a	7934 ^a	5327 ^a	7948 ^a	7234 ^a
Mean		6552	7149	7272	8158	6766	4454	7657	6858
C.V (%)		10.90	4.95	8.88	7.62	9.25	9.39	3.57	7.96
L.S.D (0.05)		110.06	54.38	99.14	95.41	96.04	64.18	42.03	28.88

* and ** indicate that significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, ns: not significant

According to the investigated parameters, there was a significant difference between cultivars as a result of environmental effects. A significant difference was found among the mean of cultivars for thousand kernel weight. Cultivar Pehlivan had a higher 1000-kernel weight (45.8 g) and followed by Aldane. Generally, the effects in drought-sensitive cultivars are more than in resistance cultivars. It is necessary to use large seeds, which are obtained from grown plants in areas without drought stress, to reach a high grain yield in bread wheat (Balkan, 2019). In the study, higher grain weight was determined in Pehlivan, which is a large-grained variety. The lowest test weight was 81.5 kg (cv. Bereket) and the highest was in Selimiye (82.7 kg.) and Pehlivan (82.6 kg). The highest protein ratio (12.9%) and gluten value (37.0%) were determined for cultivar Aldane. In the study, except Pehlivan all cultivars had a higher gluten index. Sedimentation values in genotypes varied from a minimum of 41.7 ml in Pehlivan to 60.9 ml in Aldane (Table 6).

Table 6. The mean quality characters of the wheat cultivars tested across seven environments

Cultivar	TKW	TW	PRT	GLT	IND	HARD	SED
Aldane	43.6 ab	81.6 ab	12.9a	37.0 a	90.8 a	47.0 b	60.9 a
Selimiye	42.1 bc	82.7 a	12.0b	37.0 a	82.8 a	50.7 a	50.7 b
Bereket	39.7 c	81.5 b	11.3bc	31.9 b	87.1 a	48.4 ab	45.4 c
Pehlivan	45.8 a	82.6 ab	11.4bc	36.3 a	57.7 b	50.6 a	41.7 c
Gelibolu	40.0 c	81.7 ab	11.0c	28.0 c	92.2 a	49.6 ab	44.0 c
Mean	42.2	82.0	11.7	34.0	82.1	49.3	48.5
CV (%)	7.1	1.32	5.9	8.8	11.4	6.53	9.5
LSD (0.05)	3.29	1.19	0.84	3.37	10.34	3.54	5.1

Significance at **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; TKW: 1000-kernel weight (g), TW: Test weight (kg), PRT: Protein ratio (%), GLT: Wet gluten content (%), IND: Gluten index (%), HARD: Grain hardness (PSI), SED: Sedimentation value (ml)

Thousand-grain weights being a very important yield component are considered an essential quality parameter and a component used in the calculation of the number of seed to be sown in the unit area (Balkan et al., 2019). Precipitation and temperature have a significant impact on the TKW during the grain-filling period. High temperatures and low precipitation reduce the TKW by shortening the grain-filling period. For 1000-kernel weight, a significant difference was found among environments. Concerning environmental effects, the highest TKW was in environment E4 (47.2 g) and the lowest in E1 (34.3 g). Environmental factors also affect the weight of test weight which is much related to the genotypic trait. The highest test weight was measured in environment E2 (Table 7).

Table 7. The mean quality parameters of wheat cultivars tested across seven environments

Environment	TKW	TW	PRT	GLT	IND	HARD	SED
E1	34.3 c	82.5 bc	14.6 a	43.4 a	86.7 ab	54.6 a	64.8 a
E2	46.4 a	85.2 a	12.2 b	37.2 b	79.5 bc	51.6 ab	43.4 bc
E3	44.2 ab	80.1 d	10.5 de	29.3 de	80.8 bc	47.0 c	42.6 bc
E4	47.2 a	80.4 d	9.6 e	25.4 e	93.3 a	45.8 c	40.0 c
E5	41.6 b	81.3 cd	12.3 b	34.7 bc	87.2 ab	49.4 bc	59.8 a
E6	36.5 c	83.7 b	11.0 cd	31.5 cd	71.3 c	47.6 bc	40.6 c
E7	45.4 ab	80.9 d	11.7 bc	36.7 b	75.9 bc	48.8 bc	48.6 b
Mean	42.2	82.0	11.7	34.0	82.1	49.3	48.5
LSD (0.05)	3.89	1.40	1.01	3.99	12.24	4.20	6.05

Significance at **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; TKW: 1000-kernel weight (g), TW: Test weight (kg), PRT: Protein ratio (%), GLT: Wet gluten content (%), IND: Gluten index (%), HARD: Grain hardness (PSI), SED: Sedimentation value (ml)

The protein ratio in grain, which can change with the effect of genotype, environmental factors such as highest and lowest temperature during the grain filling stages and cultural practices such as fertilizer amount and time, is an important quality parameter. To determine how the environment affects protein ratio was evaluated over seven environments. In the experiment, the lowest protein ratio was 9.6% in environment E4 and the highest protein ratio was 14.6% in environment E1 (Table 7).

The lowest wet gluten content was 25.4% in environment E4 and the highest wet gluten content (43.4%) was measured in environment E1. Sedimentation value also significantly varied over environments and ranged from the lowest 40.0 ml in E4 to the highest 54.6 ml in environment E1. The sedimentation value was low in environmental conditions where low protein and gluten content was obtained. Grain hardness is another quality parameter affected by genotype, environment and agronomic practices. Therefore, significant variation was found among environments for grain hardness the minimum was 45.8 in E4, and the maximum was 54.6 in environment E1. Similar results were obtained for grain hardness, which is highly correlated with the sedimentation value.

Test environments that are both discriminating and representative are suitable to test environments for determining adapted genotypes. The representative and discrimination of the cultivars according to the parameters investigated showed in Figure 1a. A representative ideal environment or genotypes determine according to their nearness or distance to this centre. The optimal cultivars are located in the centre. If cultivars located below the vertical axis are unwanted. According to this, Selimiye is a more ideal cultivar due to it being closer to the ideal centre, while Gelibolu is located distant from the ideal centre so this is an unwanted variety based on the parameters investigated (Figure 1a). The discrimination and representation of the environment was given in Figure 1b. Based on the environment by genotype interaction, E1 is a more ideal environment because located in the first centre, followed by E3 because of the nearest to the ideal centre (Figure 1b). It has been determined that the Bereket variety is more productive than other varieties in drought stress conditions during the plant emergence, tillering stages and the grain filling period. It was determined that Bereket, Selimiye and Pehlivan varieties were more adapted to the drought stress conditions of the heading stages. Gallipoli has been found to be highly productive in good environments without drought stress. In addition, Gelibolu variety had high yield potential under drought stress during plant emergence, tillering and grain filling period (Table 6, Figure 2a). It has been determined that Selimiye and Pehlivan varieties are more adaptable to all environmental conditions (Figure 1a, 1b).

A prolonged environmental vector showed a high ability to differentiate the cultivar. The angle between vectors of two environments, genotypes or parameters explains the correlation between them. Figure 2a showed that environments E7, E2 and E5 were the most discriminating with the most extended vectors from the centre. According to environments, E4 was the least discriminating with the short vectors. In the evaluation made according to the angle between the environmental vectors, E5 and E6 were highly significantly positively correlated. Because of the angle greater than 90 degrees' environment E2 and E1 were negatively correlated. Environment E6 and E3, and also E5 and E3 were significantly negatively correlated (Figure 2a).

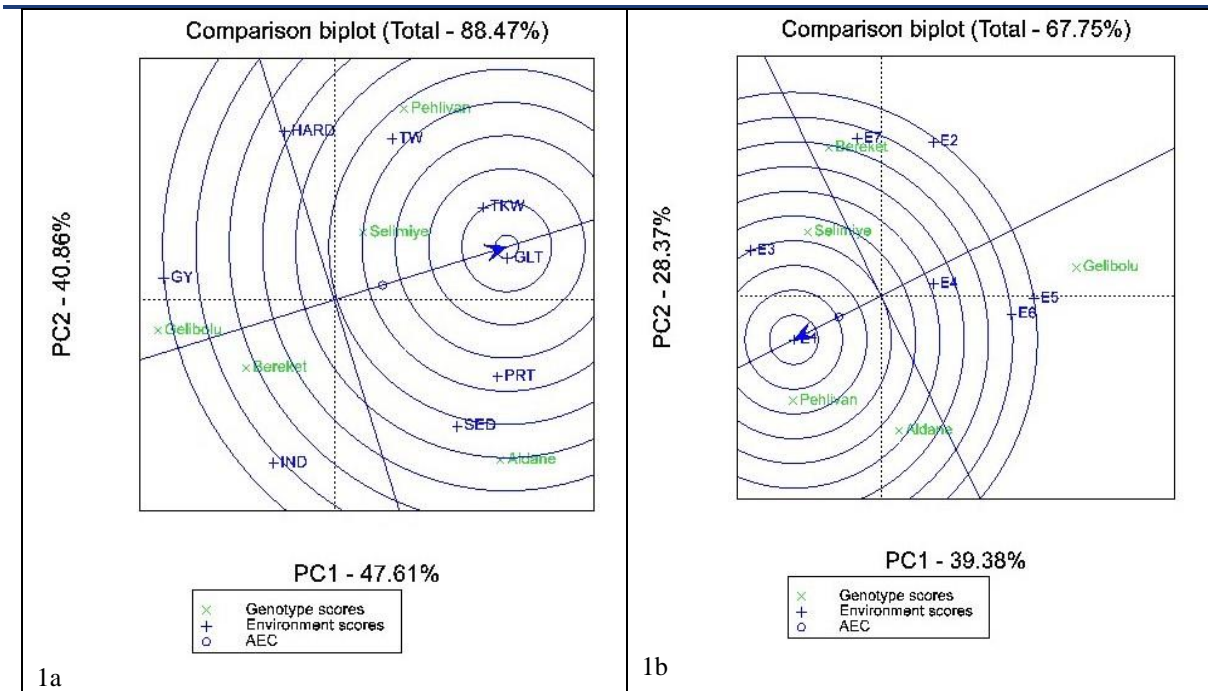


Figure 1. The GGE biplot graph shows the comparison of parameters with the ideal genotype (1a), and the GG biplot graph showed the stability of the genotypes with the ideal environment (1b).

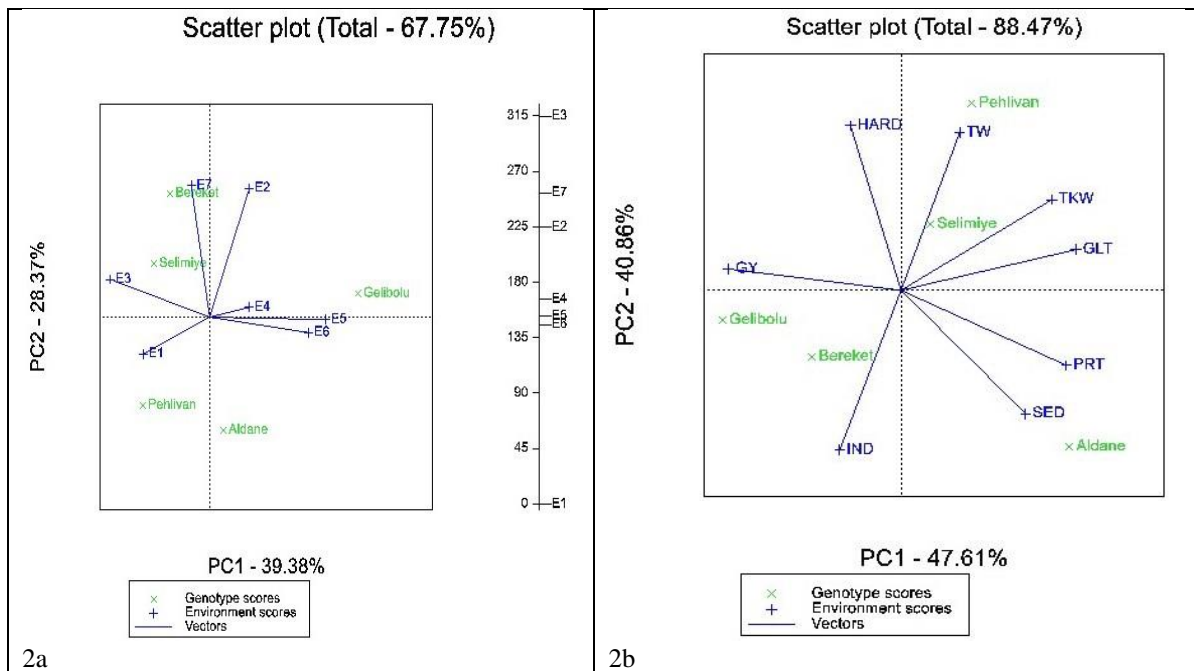


Figure 2. The GGE biplot graph explained the relation of environment vector view (2a), and association of parameters investigated and wheat cultivars with the vectors angle (2b).

Environment vector and parameter vector relations are given in Figure 2. The performance of a genotype in an environment is related to the angle between its vector and the environment vector. If the angle between the vectors is less than 90° it is better than the average, if it is wider it is worse than the average (Yan and Tinker 2006; Yan and Kang, 2003). The relationships among locations and parameters in Figures 2a and 2b are visualized by genotype profiles. Cultivar Aldane was below average in all environments except for environments E1 and E6. Cultivar Gelibolu was above average in E4, E5, E6 and E2 (Figure 2a). According to the description, grain yield was negatively correlated with 1000-kernel weight, wet gluten content, protein ratio and sedimentation value.

Gluten index were also negatively correlated with test weight and hardness. Among other parameters, there was a positive high correlation between sedimentation with protein value, and 1000-kernel weight with hardness (Figure 2b).

The relation among genotypes and parameters by GGE Biplot analysis was given in Figure 3a. If the cultivars and parameters are located in the same sector when starting from the lower right part of the graph, they are closely related (Yan and Tinker, 2006). According to this description, cultivar Aldane was located in the same sector with sedimentation value, protein ratio and wet gluten content, so they are closely correlated with each other. With a similar description, the cultivar Pehlivan was closely correlated with test weight, 1000-kernel weight and grain hardness (Figure 3a).

Figure 3b shows the horizontal stability axis and a vertical mean axis of the cultivars based on parameters. If the cultivar is located below the vertical axis, they are undesirable cultivars. If the variety is located above the vertical axis, they are the desirable cultivar. Furthermore, cultivars located near or at the centre of the horizontal line are stable and if they move away from the horizontal line unstable. According to, cultivar Selimiye is stable because it is located close to the centre of the horizontal axis (Figure 3b).

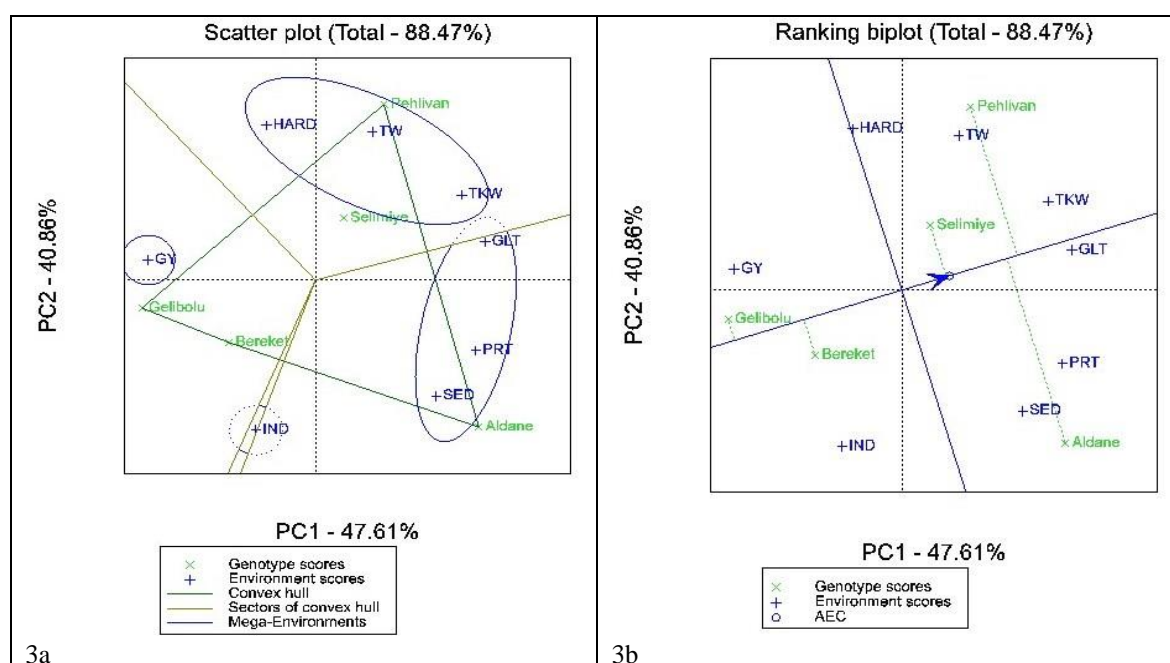


Figure 3. Grouping of the genotypes and traits by Biplot analysis based on parameters and relation of genotypes with parameters (3a), the GGE Biplot graph showed the mean performance by parameters and stability of cultivars (3b).

4. Conclusions

The environment has had a significant impact on yield and quality studied in the study. Therefore, there were significant differences in all quality parameters under different environmental conditions. Results of the AMMI analysis explained that grain yield was greatly impacted by environment and genotype effect. The environmental effect was the greatest main factor for variation than the genotype effect. There is a significant difference between the varieties and the cultivar Gelibolu was the highest yield potential. The average yield over seven environments differs from the highest in environment E4 (season without drought and heat stress) to the smallest in E6 (grain filling period is the season with drought). The fact that there was an 83.2% yield difference between the environments in the study showed the importance of the environmental impact. Due to the environmental effect the highest protein ratio, wet gluten content, grain hardness and sedimentation were established in environment E1, when there was less rainfall during the heading stage and during growing period. The study explained that Selimiye is a more ideal cultivar and E1 is a more ideal environment. For this reason, it can be explained that the Selimiye variety is more compatible with regions with low rainfall. According to the parameters investigated,

environment E4 was the least while E7 (period of drought during plant emergence and tillering) and E2 (grain filling stage is the period of high drought) were the most discriminating. Cultivar Aldane had the sedimentation value, protein ratio and wet gluten content. Cultivar Pehlivan had the test weight, 1000-kernel weight and grain hardness. It has been determined that the environment has a significant effect on the change in the parameters examined in the research. According to the result of the research, to identify highly adaptable genotypes field studies should be performed over different rainfed environmental conditions. The results of the research showed that the environmental impact on the quality parameters was an essential factor. For this reason, breeders should carry out studies in different environmental conditions to select genotypes with good stability and high adaptability.

Acknowledgment

This work is supported by the “Thrace-Marmara Region Wheat Breeding Research Project (Project No:TAGEM/IY/97/01/04/004), Türkiye.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

The author declares that they have no conflict of interest.

Authorship Contribution Statement

Concept; Design; Data Collection or Processing; Statistical Analyses; Literature Search; Writing, Review and Editing: Öztürk, İ.

References

- Anonymous (1992). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists AACC Method 55-10.
- Anonymous (1999). AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 56-61.02. Sedimentation Test for Wheat. Final approval April 28, 1964; Reapproval November 3, 1999. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- Anonymous (2002). International Association for Cereal Sci. and Technology. (ICC Standart No: 105).
- Balkan, A. (2019). Agronomic performance of seeds of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars exposed to drought stress. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(1): 82-91.
- Balkan, A., Bilgin, O., Başer, İ., Göçmen, D. B., Demirkan, A. K. and Deviren, B. (2019). Improvement of grain yield and yield associated traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through mutation breeding using gamma irradiation. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(1): 103-111.
- Coventry, D. R., Gupta, R. K., Yadav, A., Poswal, R. S., Chhokar, R. S., Sharma, R. K., Yadav, V. K., Gill, S. C., Kumar, A., Mehta, A., Kleemann, S. G. L., Bonamano, A. and Cummins, J. A. (2011). Wheat quality and productivity as affected by varieties and sowing time in Haryana, India. *Field Crops Research*, 123: 214-225.
- Gomez, K. A., and Gomez, A. A. (1984). Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Ed. John Willey and Sons, Inc. New York. 641.
- Kang, M. S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85: 754-757.
- Kant, S., Lamba R. A. S., Arya, R. K. and Panwar, I. S. (2014). Effect of terminal heat stress on stability of yield and quality parameters in bread wheat in southwest Haryana. *Journal of Wheat Research*, 6(1): 64-73.
- McDonald, C. E. (1994). Collaborative study on wet gluten and gluten index determinations for wheat flour or meal (AACC Method 38-12). *Cereal Foods World*, 39: 403.
- Öztürk, İ. (2021). Genotypes × Environment interaction and stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar under rainfed conditions. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 5(3): 257-268. <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2021.378.1>
- Öztürk, İ. and Kahraman, T. (2022). Environment effect in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) on yield and quality parameters under rainfed conditions. *Journal of International Scientific Publications, Agriculture & Food*, 10: 205-214.
- Öztürk, İ. and Korkut, K. Z. (2017). Stability parameters for yield and yield component of the bread wheat genotypes under various drought stress condition. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, The Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress: 77-82.
- Öztürk, İ. and Korkut, Z. K. (2018). Evaluation of drought tolerance indices and relationship with yield in bread wheat genotypes under different drought stress conditions. *Journal of International Scientific Publications, Agriculture & Food*, 6: 359-367.
- Perten, H. (1990). Rapid measurement of wet gluten quality by the gluten index. *Cereal Foods World*, 35: 401-402.
- Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. and McNab, A. (2001). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Yan, W. (2001). GGE Biplot -a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93: 1111-1118.
- Yan, W. (2011). GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*, 65(2): 181-193.
- Yan, W. and Holland, J. B. (2010). A Heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. *Euphytica*, 171(39): 355-369.
- Yan, W. and Hunt, L. A. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42: 21-30.
- Yan, W. and Kang, M. S. (2002). GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. New York, NY, USA: CRC Press.
- Yan, W. and Kang, M. S. (2003). GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. 1st Ed., CRC Press LLC., Boca Roton, Florida, USA. p: 271.
- Yan, W. and Rajcan, I. R. (2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science* 42:11-20.
- Yan, W. and Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 623-645.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. and Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40: 597-605.
- Zadoks, J., Chang, T. and Konzak, C. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.
- Zhang, P., He, Z., Zhang, Y., Xia, X., Liu, J., Yan, J. and Zhang, Y. (2007). Pan bread and Chinese white salted noodle qualities of Chinese winter wheat cultivars and their relationship with gluten protein fractions. *Cereal Chemistry*, 84: 370-378.
- Zhu, J. and Khan, K. (2001). Effects of genotype and environment on glutenin polymers and breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 78: 125-130.

Food Demand and Nutritional Habits of Consumers During the Covid-19 Outbreak: A Case Study in Türkiye

Türkiye'de Covid-19 Salgını Sırasında Tüketicilerin Gıda Talebi ve Beslenme Alışkanlıkları: Bir Örnek Çalışma


Emine YILMAZ^{1*}, Baǧnu ÇOLAKOĞLU²

Abstract

The Covid-19 pandemic, which has affected the entire world, has caused changes in many areas of life worldwide. These changes have also influenced and continue to influence consumer behaviors. During the restrictions, people staying at home and only going out for essential needs such as grocery shopping has caused changes in their shopping and consumption habits. The changing consumer behaviors related to the process have brought about many studies. Since the outbreak of Covid-19, it has caused significant changes in the attitudes and behaviors of individuals in the world and in Türkiye. Numerous studies have been conducted to understand these changes. The purpose of this study is to examine the effects of the pandemic on the food demand and nutritional habits of individuals residing in Tekirdağ province. To achieve this, a survey was conducted with consumers living in Tekirdağ. According to the research's predicted 10% margin of error and 99% significance level, the sample size was calculated to be 166 people. Factor analysis was applied during the statistical analysis of the findings. Based on the results of the factor analysis, it was found that the desire of individuals to consume organic products and their awareness of healthy nutrition were high. The negative conditions that occurred during the pandemic increased the desire of individuals to eat. It has shown that consumers are more sensitive about healthy eating during the Covid-19 pandemic process. An increase in the consumption of food products that form the basis of a healthy diet, such as fruits, vegetables and eggs, and a corresponding decrease in the consumption of carbonated drinks and prepackaged food also support this finding. However, the high increase in the consumption of pastries and nuts can be given as examples of the negative effects of the need to stay at home and the restriction of physical activities due to the Covid-19 outbreak. In addition, their buying behavior changed, and the number of people who procure food products through online shopping increased. The aim of this study is to inform consumers and researchers working on this subject about how food consumption of consumers has changed after Covid-19.

Key Words: Covid-19 Outbreak, Nutrition habits, Food demand, Consumption of agricultural products, Purchasing behavior

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine Yılmaz, Tekirdağ Namık Kemal University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics. Tekirdağ, Türkiye. E-mail: emineyilmaz@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-3434-8932

²Baǧnu Çolakoǧlu Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics. Tekirdağ, Türkiye. E-mail: banucolakoglu@hotmail.com  ORCID: 0000-0002-6077-8581

Atıf: Yılmaz, E. Çolakoǧlu, B. (2024). Türkiye'de covid-19 salgını sırasında tüketicilerin gıda talebi ve beslenme alışkanlıkları: Bir örnek çalışma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 335-347.

Citation: Yılmaz, E. Çolakoǧlu, B. (2024). Food demand and nutritional habits of consumers during the covid-19 outbreak: A case study in Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 335-347.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Covid-19 pandemisi, tüm dünyayı etkisi altına almış ve dünya genelinde birçok alanda değişikliklere neden olmuştur. Bu değişiklikler tüketici davranışlarını da etkilemiş ve etkilemeye de devam etmektedir. Kısıtlamalar sırasında, insanların evde kalmaları ve sadece gıda alışverişi gibi zorunlu ihtiyaçları için sokağa çıkmaları, alışveriş ve tüketim alışkanlıklarında değişiklikler meydana getirmiştir. Süreç ile ilgili değişen tüketici davranışları pek çok araştırmayı da beraberinde getirmiştir. Covid-19 salgınının ortaya çıkması, dünya genelinde ve Türkiye'de bireylerin tutum ve davranışlarında önemli değişikliklere neden olmuştur. Bu değişiklikleri belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Tekirdağ ilinde yaşayan bireylerin gıda talebi ve beslenme alışkanlıkları üzerindeki pandeminin etkilerini incelemektir. Bunun için, Tekirdağ'da yaşayan tüketicilerle bir anket yapılmıştır. Örnek hacmi oransal örnekleme yöntemi ile %99 güven aralığı ve %10 hata payı esas alınarak 166 kişi olarak belirlenmiştir. Bulguların istatistiksel analizi sırasında faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizi sonuçlarına göre, bireylerin organik ürün tüketme isteklerinin ve sağlıklı beslenme konusundaki farkındalıklarının yüksek olduğu bulunmuştur. Salgın döneminde ortaya çıkan olumsuz koşullar, bireylerin yeme isteklerini artırmıştır. Covid-19 pandemisi sürecinde tüketicilerin sağlıklı beslenme konusunda daha duyarlı davrandığı görülmüştür. Meyve, sebze ve yumurta gibi sağlıklı beslenmenin temelini oluşturan gıda ürünlerinin tüketiminde artış olurken buna bağlı olarak gazlı içecekler ve hazır ambalajlı gıda tüketimindeki azalma da bu bulguyu desteklemektedir. Bununla birlikte, hamur işleri ile kuruyemiş tüketimindeki yüksek artış, Covid-19 salgını nedeniyle evde kalma gerekliliğinin ve fiziksel aktivitelerin kısıtlanmasının olumsuz etkilerine örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca, satın alma davranışlarını değiştirmiş ve gıda ürünlerini online alışveriş yoluyla temin eden insan sayısı artmıştır. Bu çalışmanın amacı, Covid-19'dan sonra tüketicilerin gıda tüketiminde nasıl değişiklikler yaşadığını belirleyerek tüketicileri bilgilendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19 salgını, Beslenme alışkanlıkları, Gıda talebi, Tarım ürünleri tüketimi, Satın alma davranışı

1. Introduction

Pandemics have adversely affected human health throughout human history. It also caused many changes in social life. With the changes, governments have taken serious measures both to combat the outbreak and to meet the needs of citizens. The term pandemic is formed by the combination of the ancient Greek words pan (all) and demos (people). The first pandemic in the literature in history was the Typhus Pandemic between 429-426 BC (Akin, 2018).

The Novel Coronavirus Disease (COVID-19), which is effective today, was first diagnosed on January 13, 2020, in a group of patients who developed respiratory symptoms (fever, cough, shortness of breath) on December 31, 2019, in Wuhan, China. It was defined as a global epidemic (pandemic) by the World Health Organization on March 11, 2020, due to the spread and severity of the virus. Since then, it has caused 505.817.953 cases and 6.213.876 deaths worldwide (WHO, 2022). In Türkiye, since 11th March 2020, when the first case was announced, it has caused a total of 15.010.718 cases and a total of 98.645 deaths (WHO, 2022).

Besides being a basic need, nutrition also has an important effect on a healthy life. It is known that people who follow quality and a healthy diet have a lower risk of death to various chronic diseases or different causes (Mötteli et al., 2016). As with any disease, the best approach for Covid-19 is prevention. Nutritional deficiencies that weaken the immune system can lead to increased susceptibility to infectious diseases (Khayyatzadeh, 2020). Therefore, people should pay attention to their dietary habits to reduce the sensitivity and long-term complications caused by Covid-19.

Adequate intake of nutrients is necessary for a healthy diet. Diversity is as important as the level of nutrient intake. In addition to being delicious, fruits and vegetables are important for sustainable health with the vitamins and minerals they contain (Menezes et al., 2018; Huitink et al., 2020). In addition, protein sources such as meat, poultry, eggs, fish and dairy products are important for sustainable health as they contain essential amino acids that support growth and development, and it is recommended to be consumed regularly (Prévost et al., 2010; Yılmaz et al., 2009).

Muscogiuri et al. (2020) state that to reduce the spread of the virus, people living under quarantine may consume more food than boredom and stress. In addition, during this period, it is recommended to consume healthy foods containing minerals, antioxidants and vitamins, to ensure a balanced diet, to pay attention to nutritional habits, and to consume fruits and vegetables to strengthen immunity. However, many studies show that there is a positive relationship between individuals' nutritional knowledge and healthy food choices (Wardle et al., 2000; Klohe-Lehman et al., 2006; Cavaliere et al., 2015; Fenko et al., 2015). In addition, healthy nutrition has gained importance in industrialized Western Countries as well as in other countries and ordinary people (Moraes Prata Gaspar et al, 2020). It should not be forgotten that there are many components that affect people's eating habits and preferences in special situations such as the Covid-19 pandemic, but in such cases, healthy nutrition becomes even more important.

Since the pandemic creates different effects in every sector, different studies are carried out in many branches of science and the change it creates, its results and the effects it will create in the future are tried to be revealed in different fields. For example, Ceylan et al. (2021), in their research, on the changes in the financial situation of consumers during the Covid-19 pandemic in Türkiye, changes in their total revenue, purchasing methods and their consequences, shed light on the future by revealing the share of purchases of agricultural food products in total income, changes in total incomes, purchasing methods and results. Tonsor et al. (2021) on the other hand, revealed the changes in meat consumption demand in the USA during the Covid-19 outbreak and the reasons for this change with the data of the previous year. Ghali-Zinoubi (2021), in his study, investigated the changes and causes in food consumption during the Covid-19 outbreak in Saudi Arabia and found that the primary reason why consumers increase their consumption of local products is healthy eating. Smith and Wesselbaum (2020), in their study named COVID-19, Food Insecurity and Migration; stated that the epidemic had a significant impact especially on the food and agriculture sector. In this period, it has been understood that agriculture is very important for the future in terms of food safety and risk management (Aday and Aday, 2020; Pressman et al., 2020;). It is also known that the COVID-19 pandemic has positive effects on environmental awareness, sustainable consumption and social responsibility (Severo et al., 2020). This study also revealed the changes in food consumption during the Covid-

19 pandemic, as in the examples. When these regional studies are compiled later, by providing induction, they will shed light on the changes and possible results in all of Türkiye and even in the world.

2. Materials and Methods

The primary data of the research consists of survey studies conducted with people living in Tekirdağ. Secondary data consists of domestic and foreign academic studies and another research that has been done before on the subject.

In the survey phase of the study, trial questionnaires were prepared in order to determine the sufficient sample volume for the study and to eliminate the deficiencies of the questionnaire to be applied. These prepared surveys were applied to randomly selected families. Based on the results obtained from the pioneering surveys, the survey forms were reviewed, arrangements were made and surveys were conducted through face-to-face interviews.

According to the 99% significance level and 10% margin of error predicted for the research, the number of samples (n) to be surveyed was calculated as 166 people. In the analysis of the data, the data of this number of people were used.

After the data obtained from the research were entered into the SPSS, data control was performed. The frequencies and percentages of categorical variables were taken. Whether the data were normally distributed or not, Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk analyzes were used in the compatibility tests, and then the relations between the variables were examined using factor analysis.

3. Results and Discussion

In order to get information about the demographic structures of the consumers who participated in the survey the research, questions about demographic characteristics were asked in the last part of the survey form. 51.2% of the consumers participating in the survey are women and 48.8% are men. In Table 1, the demographic characteristics of the people who participated in the survey are given in all detail. The point that draws attention here is that the monthly income level of 67.9% of the participants is above 5000 TRY and the food expenditures of 54.3% are between 1500-3000 TRY. This shows us that almost half of the monthly income of the respondents is allocated for food expenditures.

People allocate a share of their total income for nutrition. During the Covid-19 period, while the demand for products of animal origin increased, the share allocated for these products in the total income also increased (Ceylan et al., 2021). In the first part of the survey, respondents were asked whether there was any change in their income levels, food expenditures and the number of daily meals during the Covid-19 pandemic, and the findings obtained in Table 2 are given. 74.7% of the consumers who participated in the survey stated that there was no change in their income levels. 78.9% of the people who participated in the survey stated that their food expenditures increased during the pandemic period. Based on this finding, it is possible to say that the share of food products expenditure in total income has also increased. 60.3% of the participants stated that there was no change in the number of daily meals during the pandemic period.

Participants were asked whether they used food supplements before and during the outbreak. While 25.9% of the participants stated that they used food supplements before the pandemic, 74.1% stated that they did not. The rate of participants using food supplements during the Covid-19 period increased to 59.9%.

Consumers were asked whether they read the label information of packaged products before and after the outbreak. While 86.7% of the participants stated that they read the information about the product content before the pandemic period, 13.3% stated that they did not. While 87.3% of the participants stated that they read the product contents during the outbreak period, 12.7% stated that they did not. The majority of the participants in the study stated that they read the product information because they were careful about their health. Some of the participants stated that they prefer foods that will strengthen the immune system, so they read the information about the content of the products during their shopping. In addition, some of the consumers stated that they stopped buying products with heavy additives and harmful content by looking at the product information. Consumers who read the product content information before the outbreak but did not read it during the pandemic, the reason for this change; stated that they do not touch the products and buy the products they touch in order not to increase the risk of transmission of the disease.

Table 1. Demographic Characteristics of the Consumers Participating in the Survey

Age Groups	Number	Rate (%)	Working Place	Number	Rate (%)
18-25	14	8.4	Public Sector	89	53.6
26-40	90	54.2	Private Sector	44	26.5
41-55	57	34.3	Own Business	9	5.4
56 years and older	5	3.1	Retired	6	3.6
Gender			Unemployed	11	6.6
Woman	85	51.2	Student	7	4.3
Man	81	48.8	Social Security		
Marital Status			Social Security Institution	157	94.6
Married	120	72.3	Other	6	3.6
Single	34	20.5	Without Social Security	3	1.8
Wife or Husband Passed Away	2	1.2	Monthly Income Level (TRY)		
Divorced	10	6	Less than 1500 TRY	2	1.2
Education Status			1501-3000	20	12.1
Primary School	6	3.6	3001-5000	31	18.8
Secondary School	4	2.4	5001-7000	47	27.9
High School	30	18.1	7001 TRY and Above	66	40
Associate Degree	19	11.4	Total Food Expenditure Per Month (TRY)		
University	80	48.2	Less than 1500 TRY	37	22.6
Postgraduate	27	16.3	1501-3000	89	54.3
Who Does the Grocery Shopping in Your Family?			3001-5000	31	18.3
Myself	53	31.9	5001 TRY and above	9	4.8
Wife or Husband	12	7.2			
With my Wife or my Husband	84	50.6			
Other	17	10.3			

Table 2. Change in Income Level, Food Expenditures and Number of Meals

	Increased (%)	Decreased (%)	Not Changed (%)
Change in Income Level in the Covid-19 Pandemic	6.0	19.3	74.7
Change in Food Spending During the Covid-19 Outbreak	78.9	3.6	17.5
Change in Number of Daily Meals During the Covid-19 Outbreak	28.9	10.8	60.3

In recent years, consumers' interest in local food has significantly increased and many studies have been carried out on this subject in the field of agricultural economics (Aprile et al., 2016; Arsil et al., 2018). The reason for the increased consumption of local products during the Covid-19 pandemic is related to the awareness of healthy eating (Ghali-Zinoubi, 2021). It is known that consumer awareness has increased due to covid 19 and they have increased their consumption of local products due to food safety concerns (Ben Hassen et al., 2020). With the understanding of food sustainability, businesses include local food products in their menus (Ozturk and Akoglu, 2020). It is thought that local foods are as effective as the quality of the products in consumers' purchase of domestic products (Oraman et al., 2011; Memery et al., 2015). In addition, some studies on local food show that it is important for consumers to have practical and taste, freshness, appearance, availability and health benefits of local foods in their buying decisions (Skallerud and Wien, 2019). It should not be forgotten that consuming local foods will also reduce environmental impacts (Peterson, 2013). When we asked the surveyed consumers whether they found traditional, homemade products important for a healthy diet, 94.6% of the respondents thought that

these products were important for a healthy diet, while 5.4% did not think that they were important. The surveyed consumers increased their consumption of homemade yogurt and pickles during the pandemic period (Figure 1). Ozdemir et al. (2017) results are similar to our results.

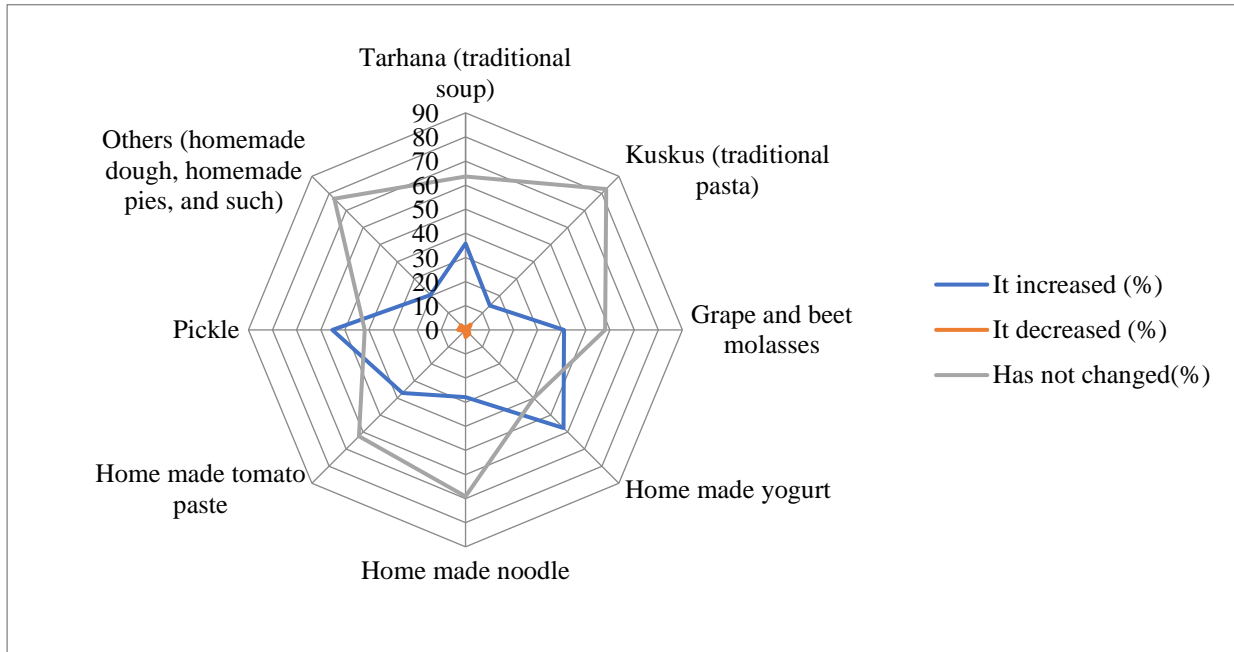


Figure 1. Traditional Product Consumption During the Covid-19 Outbreak

In the Covid -19 outbreak, the issue that many experts focused on was the immune system. For example; Acar and Koçak (2020), in their article named "The Role of Nutrition in Supporting the Immune System in the Fight Against Coronavirus (Covid-19)", revealed that there is a strong and complex link between the immune system and nutrition, and detailed the effects of each nutrient and vitamin on the immune system. Many academic studies have also attracted the attention of people by taking place in the visual and written media. Based on scientific research and the news in the press that spices and dry foods will also be effective in strengthening the immune system, we asked the participants in our survey, "Do you think spices and dried herbs are effective in strengthening the immune system?" they asked. While 65.7% of the participants answered yes, 8.4% answered no. 25.9% of the participants answered that they have no idea.

The consumers who participated in the survey were asked about their opinions about bee products for healthy nutrition and strengthening the immune system. 86.7% answered yes, 1.2% answered no, and 12% answered no idea. Compared to the pre-pandemic period, the rate of those who did not consume any honey increased by 11.5% during the outbreak, the rates of those who never consumed pollen increased by 12%, the rates of those who never consumed propolis increased by 24.1% and the rates of those who did not consume royal jelly decreased by 20%. This shows that those who did not consume these products before the pandemic period started to consume these products to strengthen their immune systems during the pandemic period. Because about 87% of consumers stated that they find bee products important in a healthy diet. Propolis has antiviral, antibacterial and antifungal effects. It is a natural medicine because it contains 22 nutrients that must be taken by the body for health (Kumova et al., 2002). Therefore, it is not a coincidence to observe an increase in the rate of those who use bee products especially once a day and 2-3 times a week (Figure 2).

It is known that consumers have changed their behavior due to Covid -19 health and economic fears (Eger et al., 2021). In addition to many changes in social life during the Covid-19 pandemic, it was determined in the research that 67% of consumers also changed the places where they sourced food products. The consumers participating in the survey were asked about the reasons for the change in the places where they shop for food. 72% of consumers who changed their food supply during the epidemic stated that they changed it because it was the closest distance to their house, and 67% said that they changed it because there was a curfew. The least reason for the change is those who change prices because they are cheaper than other places (33.6%). In this period, we

can say that consumers do not pay much attention to the prices of products in order to protect their health (Figure 3).

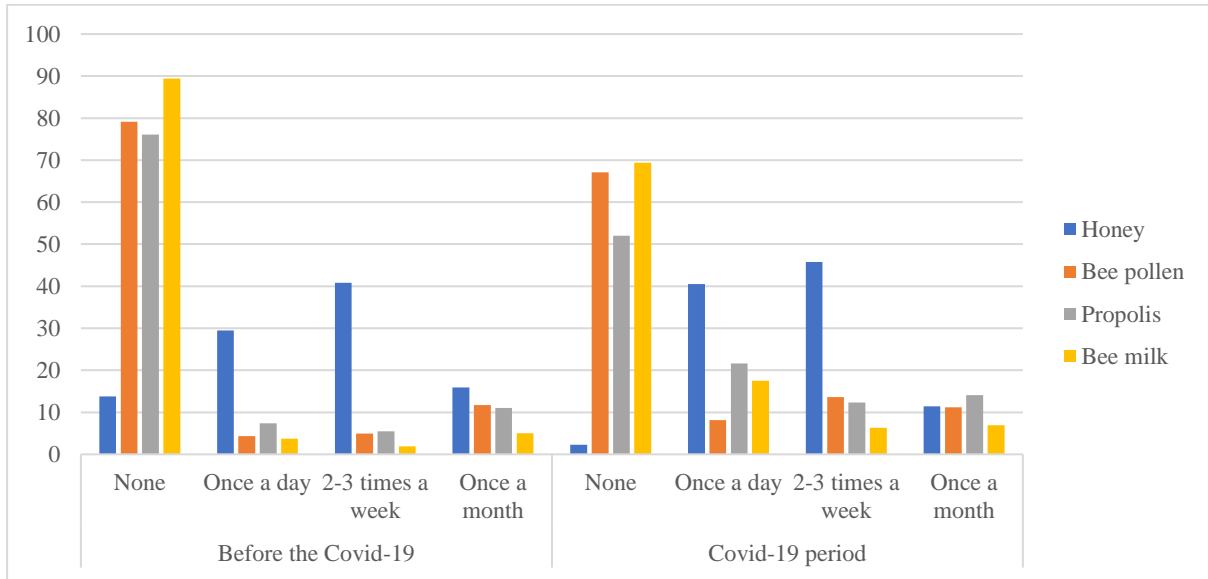


Figure 2. Changes in Bee Products Consumption Before and During the Covid-19 Outbreak

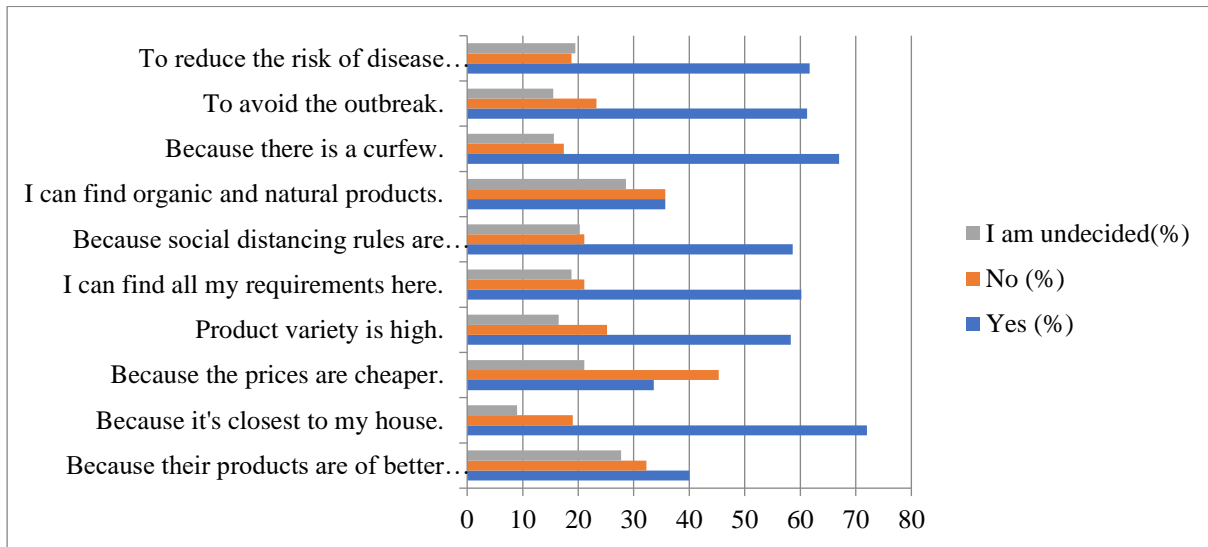


Figure 3. Reasons for Changes in Where Consumers Supply Food During the Covid-19 Outbreak

Before Covid-19, people were affected by different factors when buying food. It is known that with Covid-19, people develop "panic buying behavior" by being affected by different situations and people. Panic buying behavior can create positive or negative externalities for consumers (Yuen et al., 2020). It was asked which factors are affected by consumers while shopping for food. While approximately 57% of the consumers stated that they were not influenced by anyone in their food shopping, approximately 21% stated that they were influenced by their families, 9% by their friends, 5% by social media, 3% by TV advertisements, and 1% by their colleagues. 4% of consumers marked the "other" option and stated that they were influenced by professional groups such as doctors and dietitians. In addition, 93% of the consumers participating in the survey have an internet connection at home, while the rate of online food shopping is 29%.

Due to the Covid-19 outbreak, a significant part of the population met virtual shopping for the first time in their lives. This new experience is very likely to become a permanent habit (Sheth, 2020). Direct sales from the farm are much more efficient and also take an environmentally friendly approach (Loiseau et al., 2020; Rizou et al, 2020). The COVID-19 pandemic has caused several disruptions that businesses need to adapt to in the short

and medium term (Pantano et al., 2020). For this reason, company executives need to pay attention to emerging e-commerce trends (Gurbuz and Ozkan, 2020). E-commerce can present a serious business opportunity for any organization, large or small, in the emerging technology society. In addition, a well-designed website will make it easier to reach organic products (Mozas-Moral et al., 2016). The Covid-19 crisis has strained the food supply and small farms have been hit hardest. It should be taken into account that these negative effects of the Covid-19 pandemic will continue for a long time. Moreover, a new production, processing and marketing model for food products should be developed (Koussani and Khamassi, 2022). Social marketing in e-commerce brings the producer and the consumer direct into the food market. Communicating direct with customers creates an opportunity for agricultural businesses. Shortening the supply chain can lead to fresher purchases and better price transfer (Elghannam and Mesias, 2019). For this reason, these marketing models that will shape the future should be well analyzed and their effective use should be expanded.

Bacteria in milk and dairy products strengthen the immune system and its consumption gives positive results against various diseases (Ouwehand and Salminen, 1998). Spices, on the other hand, are curative for some diseases, but they are not enough alone (Bousquet et al., 2020). When the consumers participating in the survey were asked how their food consumption changed, they stated that their consumption of fruit, vegetables, milk and dairy products, eggs, water, coffee, tea, nuts increased, and their consumption of carbonated drinks, packaged ready-made foods and frozen food decreased (Figure 4).

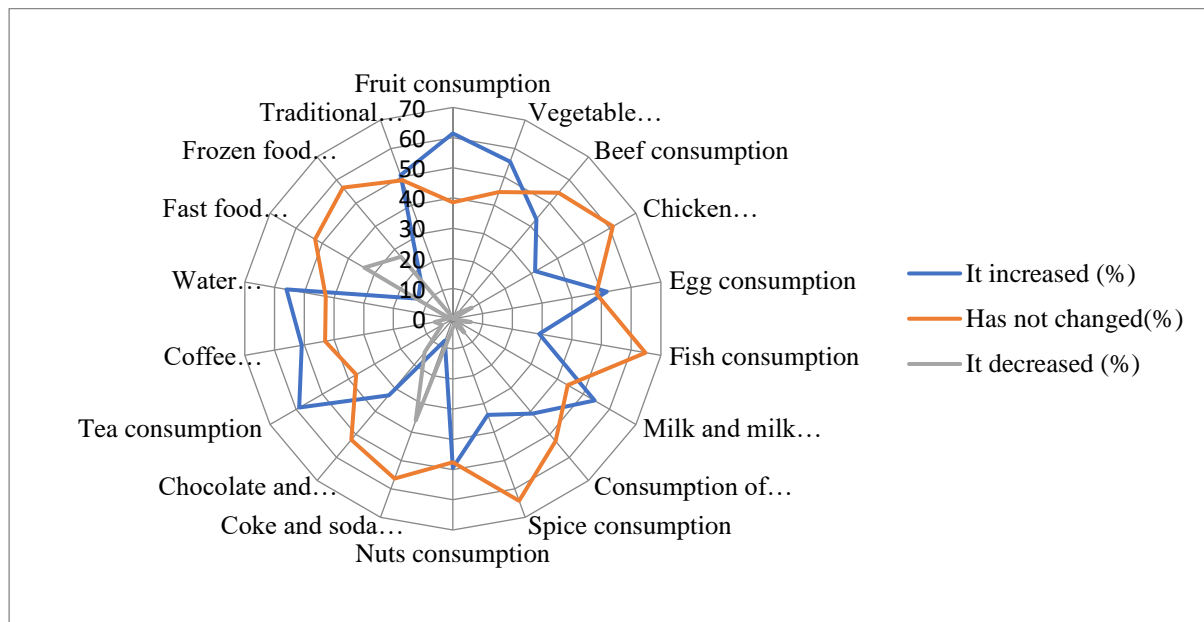


Figure 4. Changes in Food Consumption During the Covid-19 Outbreak

Factor analysis was also applied to understand whether 22 judgments given to examine the changes in food demands and dietary habits of consumers during the Covid-19 pandemic were gathered under certain factors. Before starting the factor analysis, reliability analysis was performed to determine whether the data were consistent within themselves (Nakip, 2003). The reliability coefficient (Cronbach-Alpha) was determined as 0.909. According to this criterion, the scale is reliable.

Kaiser-Meyer-Olkin measurement was used to determine whether the variables to be used were suitable for factor analysis. The KMO test result was calculated as 0.859. The KMO value was accepted as very good at 0.90 and as good at 0.80 (Joseph et al., 1992; Emeksiz et al., 2002), with the assumption that the KMO test value of 0.859 was obtained in the study was evaluated as ideal. In addition, Barlett's Test of Sphericity value and significance tests whether the variables are correlated with each other and is a value that shows whether it is appropriate to perform factor analysis with the data used.

Consumers have been given expressions regarding the period of the Covid-19 outbreak. For these expressions, the consumers chose the most appropriate expression for them from the five-point Likert scale of "strongly agree", "agree", "undecided", "disagree" and "strongly disagree". According to the factor analysis applied, 58.598% of 22

expressions regarding the nutrition and consumption demands of consumers during the Covid-19 outbreak period are explained by 4 factors (Table 2).

Table 3. Results of Factor Analysis

Factors and the variables that make up factor	Variance (%)	Core Values
Factor 1 Organic goods and awareness	32.971	5.277
Consuming organic goods guards me against illnesses.	.811	
Consumption of organic goods should be increased.	.773	
Advised goods from nutritionists should be consumed.	.678	
Consuming traditional food goods strengthens our immune system.	.671	
I've been more careful with food sanitation during the Covid-19,	.554	
I accept to pay more for organic goods rather than other goods	.461	
Factor 2 Psychological effects and changes	13.345	3.909
Gained more weight during the pandemic,	.808	
Pastries have been consumed more during the Covid-19 pandemic,	.765	
Illness's spread and anxiety during the pandemic affected dietary habits negatively,	.762	
Staying home during the pandemic increased eating desire,	.755	
Changes in dietary habits also changed sleeping habits	.698	
During pandemic, Diet should be according to nutritionist suggestions.	.474	
Factor 3 Changes in consumer preferences and habits	6.543	2.542
I've purchased food goods online during the pandemic,	.654	
Health programs on media had effects on my diet during the pandemic.	.535	
I've consumed herbal teas more during the pandemic	.500	
Factor 4 Conscious consumption	5.741	4.873
Negative posts on social media about food resulted in changes of purchasing habits of people,	.728	
I've given more importance to a healthier diet,	.663	
I've consumed goods that would strengthen my immune system,	.569	
My spending on food goods has increased	.559	
I've increased consuming herbs etc. to protect from the virus during the pandemic,	.533	
There is an increase in consumption of home-made traditional goods	.526	
Consumers' awareness of healthy diet should be increased	.464	

KMO. 0.859. Barlett's test: 0.909; $p < 0.000$

Factor 1: Organic goods and awareness: Consuming organic goods guards me against illnesses, Consumption of organic goods should be increased, Advice goods from nutritionists should be consumed, Consuming traditional food goods strengthens our immune system, and I've been more careful about food sanitation during Covid-19, I accept to pay more to organic goods rather than other goods, creates one group and accepted as one factor. Factor 1 has been named "Organic goods and awareness" and explains variance by 32.971%.

Factor 2: Psychological effects and changes: Gained more weight during pandemic, Pastries have been consumed more during Covid-19 pandemic, Illness's spread and anxiety during pandemic affected dietary habit negatively, Staying home during pandemic increased eating desire, Changes in dietary habits also changed sleeping habits during pandemic, Diet should be according to nutritionist suggestions creates one group and accepted as one factor Factor 2 has named as "Psychological effects and changes and explains variance by 13.345%.

Factor 3: Changes in consumer preferences and habits: I've purchased food goods online during pandemic, Health programs on media had effects on my diet during pandemic, and I consumed herbal teas more during

pandemic creating one group and accepted as one factor. Factor 3 has been named "Changes in consumer preferences and habits" and explains variance by 6.453%. Yılmaz et al. (2007) it has been concluded that the people living in Tekirdağ province are highly influenced by advertisements in the consumption of foodstuffs. These results are similar to the results we determined.

Factor 4: Conscious consumption: Negative posts on social media about food resulted in changes in purchasing habits of people, I've given more importance to a more healthy diet, and I've consumed goods that would strengthen my immune system, My spending on food goods has increased, I've increased consuming herbs, etc. in order to protect from the virus during pandemic, There is an increase in consumption of home-made traditional goods, Consumers' awareness on the healthy diet should be increased creates one group and accepted as one factor. Factor 4 has been named "Conscious consumption" and explains variance by 5.741%.

4. Conclusions

The COVID-19 pandemic has had far-reaching impacts on individuals and communities around the world, including changes in dietary habits and food demands. This study aimed to assess these changes in the Tekirdağ population in Türkiye. The results of the study indicated that the pandemic had similar impacts on both men and women, with no gender differences observed in changes to dietary habits.

The study found that consumers in Tekirdağ allocated a substantial proportion of their monthly income for food spending, with those with two or more children setting aside nearly half of their income for this purpose. Despite the fact that 75% of consumers' income remained unchanged, 79% of food spendings increased, highlighting the impact of the pandemic on consumer behavior and priorities. Additionally, the study showed that there was an increase in the purchase of food supplements, reflecting the emphasis placed on boosting immunity during the pandemic. The proportion of consumers taking food supplements rose from approximately 26% prior to the pandemic to 60% during the pandemic, and 31% of those using food supplements before the pandemic increased their intake during the pandemic period. This increase in demand for food supplements highlights the impact of the pandemic on consumer behavior and priorities.

The fact that 87% of consumers read ingredients and expiration date on packaged food goods and fact that they read the same information before pandemic shows that there is a high awareness of nourishment. The fact that traditional homemade food is prepared without preservatives and the increase in consumption that food during Covid-19 pandemic supports this finding. 66% of consumers claimed spices; 91% claimed dairy and dairy products; 88% claimed agricultural products have positive effects on their dietary habits and immune system. Another finding is that consumption of these products increased during pandemic according to consumers' economic situation and supply conditions and they also started to consume goods they have never consumed before pandemic like royal jelly and propolis.

Covid-19 pandemic also resulted in changes in where consumers supply their food. Causes like; district bazaars have not been set up for a long time, changes in consumers' economic conditions, the reflection of disruptions in the national economy on food prices, demand on organic and fresh products have important share on those changes. Furthermore, lockdowns enforced on weekends throughout Türkiye and the fact that it is only possible to get food products from the closest shops caused changes in the places where consumers require their food. Another finding related to the consumer behavior is the number of consumers who procure their food online is increased.

There are lots of factors when individuals purchase food products. In some cases, there is a high probability they are influenced by advertisements or other individuals. However, 57% of consumers stated that they are not being influenced by anybody and 21% of them stated they are influenced by their families. This situation shows that the biggest influence on their food product shopping comes from their close circle.

While there is an increase in the consumption of food products that form the basis of a healthy diet, like fruits, vegetables and eggs, the lack decrease shows that consumers act more sensitive about a healthy diet during Covid-19 pandemic. Correspondingly, decrease in the consumption of carbonated beverages and packaged ready to serve foods supports this finding. However, the high rate of increase in the consumption of pastries and dried fruits and nuts are examples of negative impacts of the necessity of staying home and the limitation of physical activities because of Covid-19 pandemic.

According to those findings:

- In order to meet the demand for organic goods, it would be beneficial for both producer and consumer that supporting organic goods producers via agricultural policies.
- Nutrition security should be given priority in policy making in order to moderate the impacts of Covid-19 or other emergency situations on food supply.
- Considering the increase in desire to supply goods online and this behavior would stay permanent for most of the consumers, revising the marketing of food goods would increase the competitiveness of suppliers.
- During situations that have negative impacts on health, physical activities are as important as a healthy diet and considering those situations while considering restrictions would be beneficial for protecting public health.

In conclusion, this study provides valuable insights into the effects of the COVID-19 pandemic on the dietary habits and food demands of consumers in Tekirdağ, Türkiye and contributes to the existing body of research in this field.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

The authors declare that they have contributed to the article at a similar rate.

References

- Acar Tek, N. and Kocak T., (2020). The role of nutrition in supporting the immune system in combating coronavirus disease (COVID-19). *Gazi Journal of Health Sciences Special Issue*: 18-45.
- Aday, S. and Aday M. S. (2020). Impact of COVID-19 on food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4: 167–180.
- Akın, L. (2018). Lessons Learned from Infectious Disease Outbreaks in History. Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Public Health. Conference Series Presentation. Ankara.
- Aprile, M. C., Caputo, V. and Nayga, R. M. Jr. (2016). Consumers' preferences and attitudes toward local food products. *Journal of Food Products Marketing*, 22(1): 19–42. <https://doi.org/10.1080/10454446.2014.949990>
- Arsil, P., Brindal, M. and Muyani, K. (2018). Determinants of consumers' preferences for local food: A comparison study from urban and rural areas in Indonesia. *Journal of Business and Retail Management Research*, 13(2): 184–195. <https://doi.org/10.24052/JBRMR/V13IS02/ART-16>
- Ben Hassen, T., El Bilali, H. and Allahyari, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on food behavior and consumption in Qatar. *Sustainability*, 12: 6973. <https://doi.org/10.3390/su12176973>
- Bousquet, J., Czarlewskic, W., Zuberbiera, T., Mullol, J., Blain, H., Cristol, J-P. and Anto, J. M. (2020). Spices to Control COVID-19 Symptoms: Yes, but Not Only. *Experimental Immunology – Commentary, International Archives of Allergy and Immunology*, 182: 489–495.
- Cavaliere, A., Ricci, E. C. and Banterle, A. (2015). Nutrition and health claims: Who is interested? An empirical analysis of consumer preferences in Italy. *Food Quality and Preference*, 41: 44-51.
- Ceylan, F., Akpınar, M. G. and Ozkan, B. (2021). Purchasing attitudes for agro-food products and changing financial status during Covid-19 outbreak in Turkey. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 5(2): 205-210.
- Eger, L., kaKomárková, L., Egerová, D. and Mičík, M. (2021). The effect of COVID-19 on consumer shopping behavior: generational cohort perspective. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61: 102542. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser>
- Elghannam, A. and Mesias F. (2019). Short food supply chains from a social media marketing perspective: a consumer-oriented study in Spain. *New Medit*, 18(1): 79-90. <https://dx.doi.org/10.30682/nm1901g>
- Emeksiz, F., Özçiçek, C., Özdeş Akbay, A., Usal, G. and Özel, R. (2002). Alcoholic beverage consumption in university youth and effective factors in consumption decision. *Dünya Food Journal*, 7.
- Fenko, A., Backhaus, B. and Hoof J. J. (2015). The influence of product- and person-related factors on consumer hedonic responses to soy products. *Food Quality and Preference*, 41: 30-40.
- Ghali-Zinoubi, Z. (2021). Local food consumption during the covid-19 pandemic. *Italian Journal of Food Science*, 33(4): 5-11.
- Gurbuz, I. B. and Ozkan G. (2020). Transform or Perish: Preparing the business for a post pandemic future, *IEEE Engineering Management Review*, 48(3): 139-145.
- Huitink, M., Poelman, M. P., van den Eynde, E., Seidell, J. C. and Dijkstra, S. C. (2020). Social norm nudges in shopping trolleys to promote vegetable purchases: A quasi-experimental study in a supermarket in a deprived urban area in the Netherlands. *Appetite*, 151(104655).
- Joseph, F., Hair, Jr. E. A., Rolph, L. T., Ronald, C. B. and William. (1992). *Multivariate Data Analysis*. Macmillan Publishing Company, a division of Macmillan. Inc. Third Edition. New York. U.S.A.
- Khayyat-zadeh, S. S. (2020). Nutrition and infection with COVID-19. *Journal of Nutrition and Food Security*, 5(2): 93-96. <https://doi.org/10.18502/jnfs.v5i2.2795>
- Klohe-Lehman, D. M., Freeland-Graves, J., Anderson, E. R., McDowell, T., Clarke, K. K., Hanss-Nuss, H. and Milani J. T. (2006). Nutrition knowledge is associated with greater weight loss in obese and overweight low-income mothers. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(1): 65-75.
- Koussani, W. and Khamassi F. (2022). Impact de la crise sanitaire Covid-19 sur les petites exploitations agricoles et perspectives pour un système alimentaire durable en Tunisie. *New Medit, A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 1: 150-160. <https://doi.org/10.30682/nm2201i>
- Kumova, U., Korkmaz, A., Avci, B. C. and Ceyran G. (2002). An Important Bee Product: Propolis. *Uludag Bee Journal*, 2(2): 10-24.
- Loiseau, E., Colin, M., Alaphilippe, A., Coste, G. and Roux, P. (2020). To what extent are short food supply chains (SFSCs) environmentally friendly? Application to French apple distribution using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 276: 124166.
- Memery, J., Angell, R., Megicks, P. and Lindgreen, A. (2015). Unpicking motives to purchase locally-produced food: Analysis of direct and moderation effects. *European Journal of Marketing*, 49(7/8): 1207–1233.
- Menezes, M. C., Mendonça, R. D., Ferreira, N. L., Guimarães, L. M. and Lopes, F. A. C. S. (2018). Promoting fruit and vegetable consumption: Methodological protocol of a randomized controlled community trial. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 10: 131-136.

- Moraes Prata Gaspar, M. C. de., Garcia, A. M. and Larrea-Killinger, C. (2020). How would you define healthy food? Social representations of Brazilian, French and Spanish dietitians and young laywomen. *Appetite*, 153: 104728.
- Mötteli, S., Keller, C., Siegrist, M., Barbey, J. and Bucher, T. (2016). Consumers' practical understanding of healthy food choices: A mock food experiment. *British Journal of Nutrition*, 116(3): 559-566. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002130>
- Mozas-Moral, A., Fernández-Uclés, D., Bernal-Jurado, E. and Medina-Viruel, M. J. (2016). Web Quality as a determining factor in the online retailing of organic products in Spain. *New Medit*, 15(2): 28-36.
- Muscogiuri, G., Barrea, L., Savastano, S. and Kolao A. (2020). Nutritional recommendations for COVID-19 quarantine. *European Journal of Clinical Nutrition*, 74(6): 850-851. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-0635-2>
- Nakip, M. (2003). Marketing Research Techniques and (SPSS Supported) Applications. Seçkin Publishing. 1st Edition. Ankara.
- Oraman, Y., Unakitan, G., Yilmaz, E. and Basaran, B. (2011). Analysis of the factors affecting consumer's some traditional food products preferences by multidimensional scaling method. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 8(1): 33-40.
- Ouwehand, A. and Salminen, S. (1998). The health effects of cultured milk products with viable and non-viable bacteria. *International Dairy Journal*, 8(9): 749-758.
- Ozdemir, G., Yilmaz, E., Unakitan, G., Yilmaz, I. and Keskin, G. (2017). Traditional food production and marketing demand for women in rural area. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14(03): 66-72.
- Ozturk, S. B. and Akoglu, A. (2020). Assessment of local food use in the context of sustainable food: a research in food and beverage enterprises in Izmir, Turkey. *International Journal of Gastronomy & Food Science*, 20: 100194.
- Pantano, E., Pizzi, G., Scarpi, D. and Dennis C. (2020). Competing during a pandemic? Retailers' ups and downs during the COVID-19 outbreak. *Journal of Business Research*, 116: 209-213.
- Peterson, G. R. (2013). Is eating locally a moral obligation? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 26: 421-437.
- Pressman, P., Naidu, A. and Clemens, R. (2020). COVID-19 and food safety. *Nutrition Today*, 55(3): 125-128.
- Prévost, J., Morois, S., Clavel-Chapelon, F., Boutron-Ruault, M. C. and Carbonnel, F. (2010). Animal protein intake and risk of inflammatory bowel disease: The E3N prospective study. *American Journal of Gastroenterology*, 105(10): 2195-2201. <https://doi.org/10.1038/ajg.192>
- Rizou, M., Galanakis, I. M., Aldawoud, T. M. S. and Galanakis, C. M. (2020). Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends in Food Science & Technology*, 102: 293-299.
- Severo, E. A., De Guimaraes, J. C. and Dellarmelin, M. L. (2020). Impact of the COVID-19 pandemic on environmental aware-ness, sustainable consumption and social responsibility: Evidence from generations in Brazil and Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 286: 124947.
- Sheth, J. (2020). Impact of Covid-19 on consumer behavior: Will the old habits return or die? *Journal of Business Research*, 117: 280-283.
- Skallerud, K. and Wien A. (2019). Preference for local food as a matter of helping behavior: Insights from Norway. *Journal of Rural Studies*, 67: 79-88.
- Smith, M. D. and Wesselbaum, D. (2020). COVID-19, food insecurity, and migration. *Journal Nutrition*, 150(11): 2855-2858. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa270>
- Tonsor, G. T., Lusk, J. L. and Tonsor S. L. (2021). Meat demand monitor during Covid-19. *Animals*, 11(4): 1040. <https://doi.org/10.3390/ani11041040>
- Wardle, J., Parmenter, K. and Waller, J. (2000). Nutrition knowledge and food intake. *Appetite*, 34(3): 269-275.
- WHO (2022). World Health Organization. <https://covid19.who.int/> (Accessed Date: 25.04.2022)
- Yılmaz, E., Oraman, Y. and Inan, I. H. (2009). Determination of consumer behavior dynamics regarding food products: The case of Thrace. *Journal of Tekirdag Faculty of Agriculture*, 6(1): 1-10.
- Yılmaz, E., Yılmaz, I. and Uran, H. (2007). The role of the media in consumption of foodstuffs: The case of Tekirdağ Province. *Electronic Journal of Food Technologies*, 3: 9-14.
- Yuen, K. F., Wang, X., Ma, F. and Li K. X. (2020). The psychological causes of panic buying following a health crisis. *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 17: 3513.

The Relationship between International Migration, Agricultural Employment, and Household Labor Force in Türkiye*


Türkiye’de Dış Göç, Tarımsal İstihdam ve Hanehalkı İşgücü İlişkisi

Tuğçe SARIOĞLU^{1*}, Haydar ŞENGÜL²

Abstract

There isn't much academic research on the impacts of immigration on the labor market and job structure at the national level, although Türkiye is one of the nation's hosting the greatest populations of refugees. Because of the scarcity of information, a research gap exists. As a result, the study was carried out to determine the impact of international migration on agricultural employment and the changes in agricultural employment in Türkiye. Johansen Co-integration and Granger Causality analyses were performed on data from 1988 to 2018 to evaluate the change in the agricultural workforce in Türkiye and to demonstrate the temporal influence of immigration. According to the findings of the cointegration study, a rise in emigration has a negative impact on the agricultural areas and agricultural employment while having a good impact on agricultural GDP. Migration has long-term detrimental consequences. According to the causality study, there is a one-way link between migration and agricultural GDP. A panel data analysis was performed to establish the short-term detrimental impact of migration on agricultural employment, as well as how the structure of employment altered and developed during this process. The statistics provide temporal data from 2004 to 2020, and the individual's agricultural employment status, education, income, continuous employment, and extra work status are cross-sectional data. According to the Panel Logistic Regression Analysis results, while more educated and higher income individuals leave away from the agricultural sector, the desire to have a side job leads the individual to the agricultural sector. International migration has a detrimental impact on agricultural employment and its structure in this scenario. As a result, the sustainability of the working arrangements established by immigration regulations should be assured, and limits and constraints should be implemented, particularly in the agricultural sector. When agricultural employees transition to other industries, agricultural areas are being used in ways that were not planned. As a result, in the long run, the decline in output may have a negative impact on agricultural GDP. This condition has been the topic of several research and may serve as the foundation for new ones.

Keywords: Agricultural employment, Immigration, Time series analysis, Panel data analysis

¹*Sorumlu Yazar: Tuğçe Sarioğlu, Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Hatay, Türkiye. E-mail: tkiziltug@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-5119-8788

²Haydar Şengül, Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Adana, Türkiye. E-mail: sengulha@cu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9019-7120

Atıf: Sarioğlu, T., Şengül H. (2024). Türkiye’de dış göç, tarımsal istihdam ve hanehalkı işgücü ilişkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 348-361.

Citation: Sarioğlu, T., Şengül H. (2024). Relationship between international migration, agricultural employment, and household labor force in Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 348-361.

*This study was summarized from the Tuğçe Sarioğlu’s PhD thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Türkiye, en büyük mülteci nüfusuna ev sahipliği yapan ülkelerden biri olmasına rağmen, dış göçün ulusal düzeyde işgücü piyasası ve istihdam yapısı üzerine etkileri konusunda fazla sayıda akademik çalışmanın olmadığı söylenebilir. Bu nedenle çalışma, uluslararası göçün Türkiye’de tarımsal istihdama etkisini ve tarımsal istihdam yapısında yaşanan değişimi ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Türkiye’de yaşanan tarımsal işgücündeki değişimi saptamak ve dış göçün zamansal etkisini ortaya koymak için, 1988-2018 dönemine ait verilerle Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik analizleri yapılmıştır. Eşbütünleşme analizi sonucuna göre, kısa dönemde dış göç miktarındaki artış, tarım alanı miktarını ve tarımsal istihdamı olumsuz etkilerken, tarımsal gayrisafi yurtiçi hasılayı olumlu etkilemektedir. Uzun dönemde ise net göçün, tarımsal alan, tarımsal Gayrisafi Yurtiçi Hasıla ve tarımsal istihdam üzerine etkileri olumsuzdur. Nedensellik analizi sonucunda ise, göç ile tarımsal gayrisafi yurtiçi hasıla arasında tek yönlü bir ilişki bulunmuştur. Göçün kısa vadede tarımsal istihdama olumsuz etkisinin, bu süreç içerisinde istihdamdaki yapının nasıl değişiklik ve gelişim gösterdiğini saptamak için de panel veri analizi yapılmıştır. Panel verileri, 2004-2020 dönemi zaman verilerini, bireyin tarım çalışma durumu, eğitimi, geliri, işte sürekli çalışma ve ek iş yapma durumu ise kesit verilerini oluşturmaktadır. Yapılan Panel Logistik Regresyon Analizi sonucuna göre ise, eğitim düzeyi ve geliri artan birey tarım sektöründen uzaklaşırken, bireyin ek iş yapma isteği kişiyi tarım sektörüne yönlendirmektedir. Bu durumda uluslararası göçün tarımsal istihdamı ve yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle göçmen politikalarında yapılan çalışma düzenlemelerinin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Tarımda çalışmaktan vazgeçen işçilerin farklı sektörlere yönelmesiyle birlikte tarım alanlarının amaç dışı kullanımı söz konusu olmaktadır. Böylece uzun dönemde üretim miktarındaki azalış ve bunun sonucunda da tarımsal GSYİH’yi de olumsuz etkileyebilir. Bu durum farklı çalışmaların konusudur ve yeni çalışmalara altyapı oluşturabilir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal istihdam, Dış göç, Zaman serisi, Panel veri analizi

1. Introduction

Unemployment and employment issues are a social and economic problem that countries face. This issue is not only limited to developing countries, but also affects developed countries. Employment is an important priority in economic policies in all countries. Like any developing economy, structural changes, globalization, modernization, and industrialization processes in a country affect the distribution of employment across sectors.

The widespread technological development and mechanization contribute to the advancement while reducing the importance of the agricultural labor force, leading to unemployment in the sector. This situation narrows down employment in the agricultural sector while increasing the orientation towards other sectors. In particular, the expansion of the service sector also reveals structural unemployment (Zagler, 2009). In Türkiye, while the agricultural sector constituted 46.5% of the total employment in 1988, it decreased to 17.6% in 2020. Although this situation is desirable for the country's level of development, the employment in the agricultural sector has been forced to transition to different sectors (56.2% service sector) (Anonymous, 2021b). In 1988, Türkiye had 24.7 million hectares of cultivable land out of 39 million hectares of agricultural land, while in 2020, it had 19.5 million hectares of cultivable land out of 37.7 million hectares of agricultural land (Anonymous, 2022). There has been a decrease of 3% in agricultural land and 21% in cultivable land. This decrease highlights the usage costs of family labor, permanent and seasonal workers. In this case, the choice between seasonal and permanent labor is not only made for the seasonality of the activity but also to reduce the costs. However, studies have shown that family labor replaces paid labor (Darpeix et al., 2014). In rural areas, women exhibit a high level of labor intensity in production. In rural settings, women and young girls are in unpaid family labor positions and simultaneously carry a significant workload (Fazlıoğlu, 2002; Yılmaz et al., 2019).

In Türkiye, the active population aged 15-64 constitutes 67.7% of the total population, which amounts to 56 million people as of 2020. Among the active population, 43% are not part of the workforce, leaving 30.1 million potential workforce members, out of which 26.8 million are employed. The unemployment rate in Türkiye is 13.4%, and the non-agricultural unemployment rate is 15.4% (Anonymous, 2020a). According to a report published by the International Labor Organization in 2015, the period from 2015 to 2020 was predicted to be a period of slow growth, increasing inequality, and rising unemployment globally (Pınar et al., 2016). During the period of global unemployment increase, Türkiye faced massive international migration. The uncontrolled integration of refugees into the Turkish labor market has increased the importance of unemployment policies. Unplanned and uncontrolled external migration has affected not only other sectors but also the agricultural sector. Refugees who migrated have moved towards the agriculture sector, where unskilled labor is abundant and labor productivity is low. As a result, refugee workers in agriculture accept lower wages. Consequently, employers who find local labor costs high tend to prefer foreign labor, which leads to a substitutability relationship between local and refugee labor. In this situation, agricultural employees do not want to be involved in agricultural production activities, and their propensity to migrate to urban regions will increase as a result of the changing working environment. A rise in structural unemployment will be caused by the phenomenon of mobility within the rural labor force and its participation in other industries as unskilled labor, a decline in socioeconomic welfare, and unplanned urbanization (Karakayacı et al., 2022)

There are numerous studies examining the relationships between external migration, unemployment, employment, and GDP. This text provides a review of studies examining the relationship between migration and unemployment. Various studies conducted using different methods in different countries have reached different conclusions on the impact of an increase in immigrant workforce on the employment opportunities of native workers, with some suggesting that it leads to increased unemployment (Verturini and Villisio, 2004; Latif, 2015; Nurdoğan and Şahin 2019; Engin and Konuk, 2020; Meçik and Koyuncu, 2020; İşcan and Demirel, 2021; Ergün and Polat, 2022), while others have not found a significant relationship between migration and unemployment (Shan et al., 1999; Islam, 2007; Boubtane et al., 2011; Altunç et al., 2017). Additionally, studies have been conducted that suggest that migration can either reduce unemployment (Esposito et Al., 2020; Gülbahar, 2020) or be a cause of it (Feridun, 2004; Chletsos and Roupakias, 2012).

Regarding the relationship between international migration and Gross Domestic Product (GDP), some studies have found a positive impact of migration on GDP (Felbermayr et al., 2010; Boubtane et al., 2013; Ortega and Peri, 2014; Engin and Konuk, 2020; Gülbahar, 2020), while others report a negative impact (Ahmed, 2010; Sevinç

and Sevinç Eroğlu, 2016; Şimşek, 2018). Studies examining the direction of causality between migration and GDP have distinguished between one-way causality, with GDP being the cause of migration (Morley, 2006) or migration being the cause of GDP (Göv and Dürrü, 2017; Şimşek, 2018; Meçik and Koyuncu, 2020) and bidirectional causality (Feridun, 2004; Altunç et al., 2017).

This study focuses on the impact of international migration on agricultural employment in Türkiye. Changes in the structure of agricultural employment in Türkiye have been analyzed at the household level, and the employment status of individuals has been examined. In this way, variables are selected from agricultural data to examine the impact of external migration specifically within the agricultural sector and to observe its effects on families engaged in agriculture in both the long and short term. What sets this study apart from others is the absence of similarly specific research within the agricultural sector.

2. Material and Method

2.1. Material

In the study, firstly, the relationship and direction between net external migration, employment in agriculture, agricultural land, and agricultural Gross Domestic Product (GDP) in Türkiye were investigated using time series data for the period 1988-2018 obtained from TSI, Presidency of The Republic of Türkiye Strategy and Budget Directorate, FAO, and relevant articles. In the second part of the study, selected factors affecting agricultural employment in Türkiye were examined with time effects. In this section, education, income, job continuity status, and additional job variables were used for panel data, and the micro-data set of "TSI Household Labor Force Surveys" between 2004-2020 was used. This data set consists of households randomly selected to represent Türkiye each year. Due to the differences in the structure of the survey questions, sample size, and frequency of application over the years (Anonymous, 2021a), the use of 2004 and subsequent years was deemed appropriate. Additionally, analyses were conducted on fundamental questions that did not change over 17 years due to changes in the questions.

2.2. Time Series Analysis

The study employed a time series analysis using annual data from 1988 to 2018 with the aim of determining the effects of time-varying events, drawing inferences, establishing causal and meaningful relationships. The variables utilized in the study consisted of net outward migration, agricultural land, agricultural gross domestic product (GDP) and agricultural employment data. The model employed in the analysis was constructed with the aim of determining the long- and short-term effects of the variables. In order to utilize the variables together in the analysis, they must be at the same stationary level. Therefore, the stationarity of the variables was tested by using the Augmented Dickey Fuller (ADF) unit root test and the difference stationary test (Fuller, 1976; Dickey and Fuller, 1979).

Johansen Cointegration Analysis: The Johansen method is a test that estimates the cointegration vector using the Maximum Likelihood method. The Johansen method is a generalized form of the Dickey-Fuller method. In the Johansen multiple cointegration model, a vector autoregressive (VAR) model is considered. In practice, although there are many tests that investigate long-term relationships, the Johansen Cointegration test is a commonly used test (Bozkurt, 2013). The main reason for choosing the Johansen cointegration analysis is that the variables in the model have the same lag length and are I (1) and/or cointegrated. A vector autoregressive model (VAR) is used to identify short-term relationships between variables.

Granger Causality Test: In this study, the Granger Causality test is used to examine the direction and existence of the causal relationship between time series. This test allows both the hypothesis of whether variables cause each other and whether there is instantaneous causality between variables to be tested. Granger causality analysis, developed by Granger (1969), is one of the most preferred methods due to its ease of applicability (Karaca, 2003). In practice, to detect causality between two variables, the deterministic elements of these variables should be removed first. In economics, variable series are generally not stationary because they reflect the effect of trend and/or seasonal components. When the series are purified from these effects, covariance stationarity is achieved (Granger, 1969).

Tablo 1. Data of variables

Abbreviations	Description/units of variables	References
AGREMP	Agricultural employment (1000 people)	Anonymous, 2020b
NETMIGR	International net migration (1000 people)	Altunç et. al, 2017, Anonymous, 2020a
AGRLAND	Agricultural field (1000 ha)	Anonymous ,2020c.
AGR GDP	Agricultural Gross Domestic Product (million \$)	Anonymous, 2019

The abbreviations used for the study variables were explained in *Table 1*. Net international migration was estimated to be the function of agricultural land, agricultural employment and agricultural gross domestic product as given in Eq.1 and Eq 2.

$$\text{NETMIGR} = f(\text{AGREMP}, \text{AGRLAND}, \text{AGR GDP}) \quad (\text{Eq.1})$$

Model;

$$\text{NETMIGR} = a + \beta_1 \text{AGREMP}_t + \beta_2 \text{AGRLAND}_t + \beta_3 \text{AGR GDP}_t + e_t \quad (\text{Eq.2})$$

e_t = error term, $t = 1988, 1991, 1992, \dots, 2018$ created in the form.

2.3. Panel Data Analysis

In the study, while investigating the effects of migration on agriculture with macro variables, panel logistic data analysis was conducted to explain the effects of selected factors on agricultural employment at the micro level using household data. A panel data set was created by using selected variables (education, job continuity status, income, and having an additional job) from the 'Household Labor Force Surveys' created by TURKSTAT between 2004-2020. Thus, both the relationship between variables explaining the structure of families working in agriculture and the relationship with time were examined together. Panel data can be defined as the combination of cross-sectional observations over a certain time period (Baltagi, 2005). Panel logit data analysis can be used when the dependent variable shows qualitative characteristics by taking the value 1 in case of an event and 0 if it does not occur. Models where the dependent variable is binary are referred to as binary qualitative choice models. There is no constraint on explanatory variables. Explanatory variables can be in different data types, i.e., nominal, ordinal, interval, ratio, integer, continuous (Akay, 2015). The variables used in the study were as follows: dependent variable was agricultural workers: 0, non-agricultural sector workers: 1; explanatory variables were education, continuity status (continuous worker: 1, temporary/seasonal worker: 2), having an additional job (yes: 1, no: 2), and income, which was coded as a continuous variable (*Table 2*).

Tablo 2. Descriptive statistics of variables

Variables	Analysis Code	Total number of observations (ods)	Mean	Std Dev	Min-Max
Activity	Agriculture:0 Non-agricultural:1	1.020.00	0.5637	0.4959	0-1
Education	1-6*	1.020.00	3.5907	1.8801	1-6
Continuity	Permanent:1 Temporary:2	662.826	1.1110	0.3141	1-2
Additional job	Yes:1 No:2	1.020.00	1.9107	0.2850	1-2
Income	Continuous data	971.910	1431.666	1985.088	0-200.000

*Non-Graduate: 1, Primary School: 2, Lower Secondary Education (8 years): 3, General High School: 4, Vocational High School: 5, College and Above: 6

The HHI (Herfindahl-Hirschman Index of Attraction) only reflects the number of employed individuals. Over the years, variations in employment numbers have created an unbalanced panel data set. To transform this unbalanced data set into a balanced one, we initially selected the year with the lowest number of surveys, reducing the count in other years to 136,902 individuals. During this reduction process, priority was given to those with missing data in the explanatory variables. The total data count was reduced from 2,715,387 individuals to 2,327,334 individuals. To accommodate the data within Excel's limit of 1,048,576 rows, it was reorganized to reach a total of 1,020,000 rows."

Fixed-effects panel logit models: Models in which it is assumed that the coefficients vary by units or by units and time, and which allow the unobserved heterogeneity to be related to the explanatory variables. In fixed-effects panel logit models, estimations are mostly made by the maximum likelihood method. The maximum likelihood method is based on maximizing the logarithmic similarity. The logarithmic similarity function,

$$L(\mu, \beta) = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \log[1 + e^{(\mu_i + \beta x_{it})}] + \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T y_{it} (\mu_i + \beta x_{it}) \quad (\text{Eq.3})$$

is obtained in the form (Hsiao, 1996; Akay, 2015). In Equation 3, inconsistency occurs in estimating the coefficient representing the unit effect (μ_i) when the time value (T) is small and the unit value (N) is large. Anderson's (1970) suggested method involves estimating the structural parameters (β). In fixed effects panel logit models, a z-test is performed for the individual significance of the coefficients, and an LR test is used to test the joint significance of the estimators. When the maximum likelihood estimator is used, iteration can be used to estimate nonlinear parameters. The iteration methods used are the Newton-Raphson and scoring methods (Long, 1997; Maddala, 2001; Demirhan, 2019). The regression equation to be used in the study is shown in Equation 4.

$$\text{activity} = a + \beta_1 \text{education}_t + \beta_2 \text{continuity} + \beta_3 \text{addjob} + \beta_4 \text{income} + u_{it} \quad (\text{Eq.4})$$

$$ti = 1, \dots, 60.000; t = 1, \dots, 17 \text{ (2004, } \dots, \text{2020)}$$

Among the analyzes performed in the study, F test, LR test, Hausman tests and fixed or random effects model were used to decide whether to use. As a result of this test, Fixed Effect Panel Logit Model analysis was deemed appropriate. The purpose of using this model is to allow unobservable heterogeneity to be related to the explanatory variables, thus enabling the explanation of unit-specific effects with a fixed coefficient. However, household size, number of household workers, and rural-urban distinction are unobservable factors that affect agricultural employment, and the unit fixed effect has not been considered in this study. In real panel data, this effect can be easily taken into account. However, the dataset used in this study is not a real panel dataset. Data is collected from randomly selected households each year, and it is not possible to track households over time (Öztornacı, 2019).

A yearly dataset covering the period of 2004-2020 has been created using the Household Labor Force Survey data set prepared by the Turkish Statistical Institute (TSI). Firstly, a regression model was constructed for the variables, and after necessary model checks, a panel logit model was applied to the variables. Following the estimation of the model, differential rates and marginal effects analysis were conducted to interpret the coefficients. The basic hypothesis used in the analysis was:

H_0 = Employment in agriculture is not associated with education, the presence of secondary employment, income, and job continuity.

H_1 = Employment in agriculture is associated with education, the presence of secondary employment, income, and job continuity

3. Results and Discussion

3.1. Time Series Analysis Results

This study aims to investigate the relationships between variables using annual data from 1988 to 2018 in Türkiye. Firstly, the general trends of the variables are demonstrated during the specified period, followed by conducting unit root tests on the variables. Prior to applying unit root tests on the variables, the graph indicating whether they are stationary at levels or not is shown in *Figure 1*.

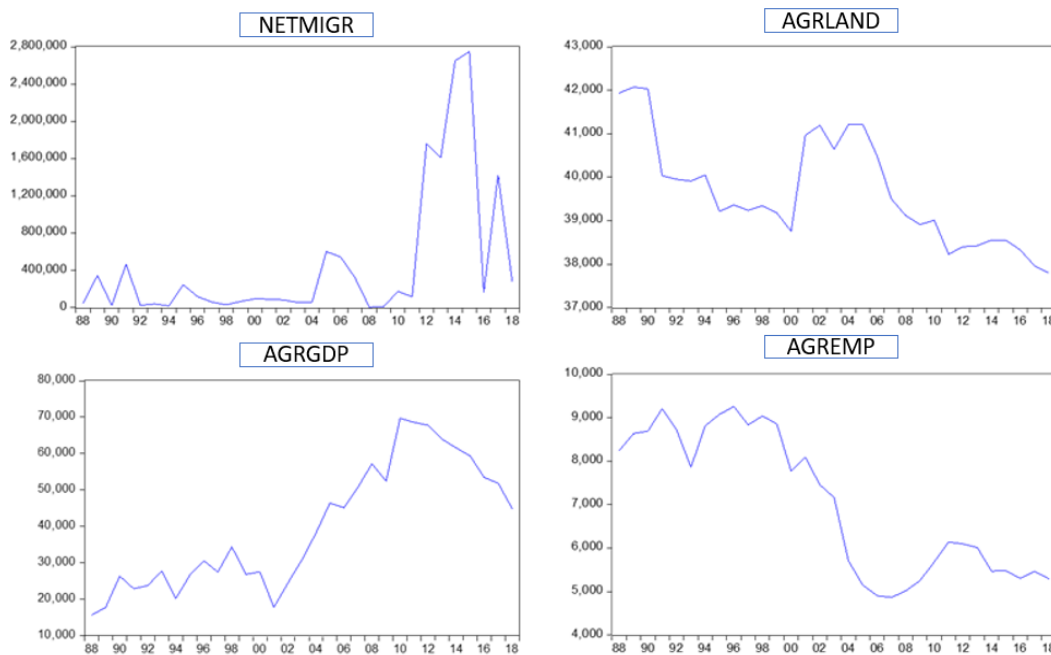


Figure 1. Level value graphs of variables

Upon examining the graphs of the variables presented in *Figure 1*, it can be observed that the variables are not stationary and exhibit an increasing or decreasing trend. In order to test the stationarity of the variables, the Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit root test was employed. The ADF unit root test results for the variables are presented in *Table 3*, which investigates the stationarity of the variables.

Table 3. ADF unit root test results of variables

Variables	Level		1st difference	
	t	Prob	t test	P
NETMIGR	1.243948	0.9413	-4.805554	0.00000
AGRLAND	-1.199369	0.2056	-5.192305	0.00000
AGRGDP	0.208255	0.7398	-5.908197	0.00000
AGREMP	-1.188335	0.2092	-4.677331	0.00000

The test results indicate that the variables are non-stationary at the level $I(0)$, with significance level of $p < 0.05$ and critical values exceeding the 1%, 5% and 10% levels, implying that they are non-stationary at the unit root level. Therefore, when the first differences of the variables are taken, the significance level remains below $p < 0.05$ and below the t-statistic values of 1%, 5%, and 10%. This suggests that the first differences of the values are stationary, and that the series do not have a unit root (*Table 3*). Consequently, the first differences of the variables being stationary implies that they are integrated of order one, $I(1)$, and suitable for cointegration tests. The selection of the appropriate model for the analysis was determined based on the Akaike Information Criterion (AIC) and Schwartz Information Criterion (SIC) results, which suggested the use of a model without a constant and trend. The stationary first differences of the variables are suitable for Johansen Cointegration Analysis (JEA). A Vector Autoregressive (VAR) model was constructed to determine the long-term relationship between the variables, with a lag order of (1 1). The test results for the roots of the VAR model show that all the roots are less than 1 and lie within the circle. After conducting a root test, the results of the JEA's trace test and maximum eigenvalue test are presented in *Table 4*.

The hypothesis tested in the JEA test is H_0 : There is no cointegration among the series and H_1 : There is cointegration among the series. According to the results presented in *Table 4*, since the Trace statistic and the Maximum Eigenvalue statistic are greater than the table value at the 5% significance level, the null hypothesis H_0 is rejected and the alternative hypothesis that there is at most one cointegrating relationship is accepted. Therefore,

it is concluded that the series move together in the long run, and there is cointegration among the variables in the long run, indicating that the series are balanced. Based on these results, there is cointegration among net external migration, agricultural land, agricultural employment, and agricultural GDP. To determine the deviations that occur in the long run and how many periods it takes for them to return to equilibrium, an error correction model (ECM) is established, and the results are shown in Table 5.

Table 4. Trace and Max-Eigen test results

Hypothesized No. of CE(s)	Trace Statistic**	0.05 Critical value	Prob	Max-Eigen Statistic**	0.05 Critical value	Prob
r=0*	54.5576	47.85613	0.0103	27.61699	27.58434	0.0495
r≤ 1	26.94057	29.79707	0.1031	17.56414	21.13162	0.147
r≤ 2	9.376427	15.49471	0.3317	8.202283	14.2646	0.3585
r≤ 3	1.174145	3.841466	0.2786	1.174145	3.841466	0.2786
r≤ 4	54.5576	47.85613	0.0103	27.61699	27.58434	0.0495

* indicates rejection of the hypothesis at 0.05 level.** Trace test shows 1 cointegration equivalent(s) at 0.05 level, Max-eigenvalue test shows 1 cointegration equation at 0.05 level.

Table 5. Error correction model (ECM) results

Short Term ECM	D(NETMIGR)	D(AGRLAND)	D(AGR GDP)	D(AGREMP)
CointEq1	-0.599595	0.000253	-0.003344	8.89E-05
Standard Error	0.13562	0.00017	0.00163	0.00014
T istic.	-4.42128	1.52997	-2.04897	0.62969
Long Term ECM	D(NETMIGR)	D(AGRLAND)	D(AGR GDP)	D(AGREMP)
CointEq1	1.000	-852.5913	-103.0856	-482.2311
Standard Error	--	183.148	19.9061	160.808
T istic.	--	-4.65521	-5.17858	-2.99880

The results of the long-term and short-term error correction models are presented in Table 4. In order for the CointEq1 value (error correction coefficient) to be significant, it is necessary for the calculated t-value to exceed the absolute value of 2 at the 5% significance level (Tari, 2012; Altunç et. Al, 2017), and fall within the range of 0 to -1. In the short term, the error correction coefficient is significant for the variables NETMIGR and TARGDP based on the t-test statistic. According to the model used, short-term fluctuations will approach long-term trends in approximately 1.7 years, as calculated based on the formula $1/|ECM|=1/|-0.599595|$. Moreover, in the short term, an increase in net migration has a negative impact on agricultural land and employment, while positively affecting economic growth. In the long term, however, an increase in net migration results in a decrease in agricultural land, agricultural GDP, and agricultural employment. However, since the error correction coefficient is not within the range of 0 to -1 in the long term, no statistically significant relationship can be detected.

According to the findings of the study, the increase in international migration has a negative impact on agricultural employment, which suggests that immigrant workers may displace native workers. Analysis of 3-month data from Italy for the period of 1993-97 shows that the increase in immigrant labor limits the work opportunities of native workers (Verturini and Villisio, 2004), while a study conducted in Canada found that the short-term increase in migration rates increases unemployment (Latif, 2015). In a study conducted on migration, unemployment, and poverty in Nigeria, it was concluded that migration increases unemployment (Ogu, 2022). Similar to studies conducted in Türkiye, studies show that the increase in migration rates also increases unemployment (Engin and Konuk, 2020). On the other hand, a study showed that a 10% increase in migration stock increased per capita GDP by 2.2% (Felbermayr et al., 2010), and a 1% increase in migration increased per capita GDP by 6% (Ortega and Peri, 2014). Boubtane et al. (2013) found that international migration positively affects the GDP of the receiving country, while studies conducted in Türkiye showed that the increase in migration rates also increases economic growth (Engin and Konuk, 2020; Gülbahar, 2020, İşcan and Demirel, 2021). According to the findings of this study, although the short-term increase in the number of international immigrants

has positive effects in the short term, this shock loses its effect within 1.7 years and negatively affects GDP in the long term. The reason for this negative effect on GDP is the unskilled nature of the incoming immigrants. The notion that skilled immigrants reduce the negative impact on GDP is supported by studies such as Dolado et al. (1994) and Barro and Sala-i-Martin (2004). The findings of Ahmed (2010), Sevinç and Sevinç Eroğlu. (2016), and Şimşek (2018) are consistent with the conclusion that an increase in the number of immigrants negatively affects GDP.

According to the Johansen cointegration analysis, a relationship has been identified between the variables, with at least one variable showing a relationship. While cointegration analysis indicates the presence of a relationship between variables, it does not determine the direction of the relationship. Therefore, the Granger Causality test is used to determine the direction of the relationship. As this test indicates the direction of the relationship between two variables, hypotheses are established separately. The necessary hypotheses and their results for applying this test are presented in *Table 6*.

Table 6. Granger Causality Test results

Causality	Null Hypothesis:	P-value	Decision
NETMIGR→AGRLAND	H ₀ : NETMIGR does not Granger Cause AGRLAND	0.6209	Do not reject
NETMIGR→AGR GDP	H ₀ : NETMIGR does not Granger Cause AGR GDP.	0.0025*	Reject
NETMIGR→AGREMP	H ₀ : NETMIGR does not Granger Cause AGREMP.	0.0734	Do not reject
AGRLAND→NETMIGR	H ₀ : AGRLAND does not Granger Cause NETMIGR.	0.8586	Do not reject
AGRLAND→AGR GDP	H ₀ : AGRLAND does not Granger Cause AGR GDP.	0.7675	Do not reject
AGRLAND→AGREMP	H ₀ : AGRLAND does not Granger Cause AGREMP	0.1780	Do not reject
AGR GDP→NETMIGR	H ₀ : AGR GDP does not Granger Cause NETMIGR	0.8389	Do not reject
AGR GDP→AGRLAND	H ₀ : AGR GDP does not Granger Cause AGRLAND	0.8826	Do not reject
AGR GDP→AGREMP	H ₀ : AGR GDP does not Granger Cause AGREMP.	0.6828	Do not reject
AGREMP→NETMIGR	H ₀ : AGREMP does not Granger Cause NETMIGR.	0.5141	Do not reject
AGREMP→AGRLAND	H ₀ : AGREMP does not Granger Cause AGRLAND.	0.8915	Do not reject
AGREMP→AGR GDP	H ₀ : AGREMP does not Granger Cause AGR GDP	0.6209	Do not reject

According to the results of the Granger causality test presented in *Table 5*, if the probability value is greater than 0.05, H₀ is accepted, and if it is less than 0.05, H₀ is rejected. The study finds that migration causes agricultural GDP, but agricultural GDP does not cause migration. Therefore, there is a one-way relationship between migration and agricultural GDP. In studies conducted on 7 OECD countries (Australia, France, Germany, Italy, UK, USA) (Gov and Durru, 2017) and the 8 countries with the highest migration (USA, UK, Australia, France, Canada, Germany, Netherlands, and Japan) (Simsek, 2018), it was concluded that there is a one-way relationship between migration and per capita GDP. This relationship suggests that countries intending to receive migrants should consider their demographic structures and selective nature of the migrants who can add value to the country. Considering that the OECD countries in this study are developed countries and have not been subjected to sudden, massive, and involuntary migration like Türkiye, similar results are obtained indicating that migration is an important variable for economic growth. In studies conducted in Türkiye, it was found that there was one-way causality relationship between migration and GDP, which is similar to the results of the studies by Mecik and Koyuncu (2020) and Iscan and Demirel (2021). However, studies by Feridun (2004), Altunc et al. (2017), Boubtane et al. (2013) and Adiele and Umezuruike (2021) on the bi-directional causality between international migration and GDP show different results.

3.2. Panel Logistics Data Analysis

The period from 2004 to 2020 witnessed an increase in the educational levels of those employed in agriculture, and as educational levels rise, the employment rate in the non-agricultural sector also increases. One of the most significant factors that can explain employment in both agriculture and non-agricultural sectors is household income status. Additionally, whether the employed individual works permanently or on a temporary/seasonal basis, as well as their engagement in additional work, also has an impact. Therefore, the regression model can be represented as follows (Eq. 5):

$$\text{activity}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{education}_i + \beta_2 \text{continuity}_i + \beta_3 \text{addjob}_i + \beta_4 \text{income}_i + u_{it} \tag{Eq.5}$$

The output of the panel regression model is presented in *Table 7*. The F-test probability value of Prob>F=0.00 indicates that the test statistic is significant. The R-squared 0.51 and adjusted R-squared values are 0.48, indicating that the variables in the model explain 48% of the variance in the dependent variable. When the significance level of $\alpha=0.05$ is used, the coefficients of the explanatory variables are statistically significant as $p<\alpha$. The coefficients of the variables show that having additional work and a lack of continuity in employment have a negative effect on the dependent variable of employment status, indicating that an increase in these two variables has an adverse effect on working in agriculture.

Table 7. Pooled Least Squares

Independent variable	Coefficients	Standard Error	t-istic.	P> t
Income	0.0815709	0.0002252	362.23	0.000
Education status	-0.4294411	0.0011547	-371.90	0.000
Continuity status	-0.2405996	0.0012278	-195.96	0.000
Additional job status	0.0000239	1.77e-07	134.59	0.000
Constant	1.366765	0.0028742	475.52	0.000

Decision tests are applied among estimators in order to perform panel logit data analysis. The validity of classical models in panel data models is tested by F test and likelihood ratio test. In order to test whether the constructed regression model is a classical model, the hypotheses of the F test are:

- H₀= Unit effects are equal to zero (Classical model)
- H₁= Unit effects are not equal to zero (Fixed or random effects model)
- H₀= Time effects are equal to zero (Classical model)
- H₁= Time effects are not equal to zero (Fixed or random effects model)

The null hypothesis assumes that the estimated coefficients for each section are zero, while the alternative hypothesis assumes that the estimated coefficients for each section are different from zero. The results of the test are presented in *Table 8*. When the test statistic F is compared with the F distribution table with degrees of freedom, Prob>F = 0.00 is significant. Assuming a significance level of $\alpha=0.05$, since $p<\alpha$, the null hypothesis is rejected, and the alternative hypothesis is accepted, indicating that both unit and time effects exist.

Table 8. F test results of the model according to cross-section and time

Group variable	F test	Sd1	Sd2	P
Cross-section (id)	108.77	59999	602822	0.0000
Time (year)	139432.58	16	662805	0.0000

Likelihood Ratio Test (LR Test): This test examines the classical model against the random effects model. The hypothesis for the LR test statistic to test the presence of unit and time effects is as follows:

- H₀ = Standard errors of unit effects are equal to zero. (Classical model)
- H₁ = Standard errors of unit effects are not equal to zero. (Random effects model)
- H₀ = Standard errors of time effects are equal to zero. (Classical model)
- H₁ = Standard errors of time effects are not equal to zero. (Random effects model)

Based on the analysis conducted for the presence of unit and time effects, the probability of $\chi^2 > \chi^2_{critical}$ is 0.00, which is significant when compared with the χ^2 distribution table. Taking the significance level as $\alpha = 0.05$, since $p < \alpha$, the null hypothesis is rejected, and the alternative hypothesis is accepted. Therefore, it is concluded that the standard errors of time and unit effects are not equal to zero. (*Table 9*).

In conclusion, the F-test and LR-test results indicate that the model is not a classical model. The analyses were conducted for both unit effects and time effects, and it was observed that both effects exist in the model. Therefore, depending on how unit or time effects are included in the model, different models are created. These models are fixed and random effects models. In the fixed effects model, the effects belonging to the units are expressed with

fixed coefficients, while in the random effects model, the effects that occur according to the unit and time are included in the model as a random error term. Therefore, a Hausman test is performed to choose between fixed and random effects models.

H₀: The explanatory variables in the unit effects model are uncorrelated. (Random effects model)

H₁: The explanatory variables in the unit effects model are correlated. (Fixed effects model)

H₀: The explanatory variables in the time effects model are uncorrelated. (Random effects model)

H₁: The explanatory variables in the time effects model are correlated. (Fixed effects model).

Table 9. LR test results of the model according to cross-section and time

Group variable	LR	Chi2	P
Cross-section (id)	717302.13	1.2e+06	0.0000
Group variable	Wlad	Chi2	P
Time (year)	557753.06	80510.72	0.0000

According to the results of the Hausman test (*Figure 2*), the Prob> chibar2 value was found to be 0.00. Based on the test statistic, the null hypothesis (H₀) was rejected, indicating that the random effects estimator is inconsistent and the fixed effects estimator is valid. The model was also tested for time effects, and the same conclusion was reached.

Coefficients				Coefficients					
	(b) re	(B) fe	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.		(b) re	(B) fe	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
eğitim	.0137577	.008195	.0055627	.0000548	eğitim	.0680153	.0680003	.000015	1.72e-06
sureklilik	-.0673915	-.0470198	-.0203717	.0002875	sureklilik	-.4385198	-.4385114	-8.34e-06	8.50e-06
ekiş	-.669	-.6932335	.0242336	.0004156	ekiş	-.2299675	-.2299766	9.09e-06	8.46e-06
Gelir	.0000131	.0000111	2.04e-06	4.49e-08	Gelir	.0000287	.0000288	-1.89e-08	.

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 28263.62
Prob>chi2 = 0.0000

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 81.11
Prob>chi2 = 0.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

Figure 2. Level value graphs of variables

Therefore, it was decided that the appropriate model for this study is the fixed effects panel logit model. The basic hypothesis to be tested in this study is presented as follows:

H₀: Employment in agriculture is not related to education, the presence of additional work, income, and job continuity.

H₁: Employment in agriculture is related to education, the presence of additional work, income, and job continuity.

When examining the estimated model, it was found that the coefficients of the panel logit model are significant at significance level of 5%. The model is statistically significant at a 0.05 error margin based on the highest similarity (LR) test result, with prob> chi2: 0.000. Therefore, the model is significant, and it can be concluded that employment in agriculture is related to education, the presence of additional work, income, and job continuity. The coefficients of the explanatory variables in the estimated model are presented in *Table 10*.

Table 10. Fixed effect panel logit model results

Independent variable	Coefficients	Standard Error	Z ist.	P> z
Education	0.302195	0.0356723	8.46	0.000
Continuity	-0.2619375	0.0874818	-2.99	0.003
Add.job	-13.27086	0.5968429	-22.24	0.000
Income	0.0022257	0.0000761	29.26	0.000

The Fixed Effects Panel Logit Model equation has been derived;

$$Y = 0.302195X_{\text{education}} - 0.2619375X_{\text{continuity}} - 13.27086X_{\text{adjjob}} + 0.0022257X_{\text{income}} \quad (\text{Eq.6})$$

as presented in Equation 6. The explanatory variables in the model, namely supplementary work and job continuity, have negative effects, whereas income and education have positive effects (*Table 10*). Thus, individuals with higher education and income tend to be less likely to work in the agricultural sector. Furthermore, the desire for job continuity motivates individuals to work in the agricultural sector. Finally, the desire to engage in supplementary work leads individuals to work in the agricultural sector. As no similar study was found in the literature that uses the same method and variables, the results cannot be compared with those of other studies.

4. Conclusion

This study aims to explain the net migration-agriculture relationship in Turkey between 1988 and 2018 using macro-level variables. In the short term, an increase in net migration has a negative impact on agricultural land and employment but positively affects economic growth. However, in the long term, an increase in net migration adversely affects agricultural GDP, a relationship parallel to the results of causality tests. Panel data analysis indicates that individuals with higher education and income levels tend to move away from the agricultural sector, explaining structural changes in the agricultural sector. Recent trends, including an increase in the education level of those employed in agriculture and the influx of unskilled foreign labour, have accelerated the shift away from the agricultural sector. As workers abandon agriculture for other sectors, there is a risk of agricultural land being used for non-agricultural purposes, which could lead to a long-term decrease in production and negatively impact agricultural GDP. This situation has been the focus of various studies and could serve as a basis for further research. Limited data access and changes in survey questions over intervals in household surveys have constrained the formation of time series data, preventing data comparisons. This study, being the first in panel data analysis within the agricultural sector, serves as a reference for future research.

Acknowledgment

This study was supported by the Research Project No. 12804 of Çukurova University. We would like to thank TSI for contributing to the realization of the study. We would also like to thank the referees for their efforts.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

The study was conducted within the scope of a PhD thesis, and its planning, examination, evaluation, and finalization processes were carried out by Prof. Dr. Haydar Şengül. Literature review, data collection and processing, statistical analyses, and evaluations were conducted by Tuğçe Sarioğlu. The writing of the article was done by Tuğçe Sarioğlu, and the review and final corrections of the article were made by Prof. Dr. Haydar Şengül."

References

- Adiele, D. and Umezuruike, C. (2021). Immigration, migration, education, unemployment, income, and dollar exchange rate: an application of the bounds testing approach to cointegration. *Journal of Assertiveness*, 15(1): 1-8.
- Ahmed, M. S. (2010). Migrant workers remittance and economic growth: Evidence from Bangladesh. *ASA University Review*, 4(1): 1-13.
- Akay, Ç. E. (2015). Panel Data Models with STATA. Edt. Selahattin Güriş, Der Publications, İstanbul, s:175-194. (In Turkish)
- Altunç, Ö. F., Uçan, O. and Akyıldız, A. (2017). The Effects of external migration on unemployment, inflation and economic growth in the Turkish economy: An econometric analysis. *Researcher*, 5(1): 197-211. (In Turkish)
- Andersan, E. B. (1970). Asymptotic properties of conditional maximum-likelihood estimators. *Journal of The Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 32(2): 283-301.
- Anonymous (2020c). Türkiye Statistical Institute (TSI). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadFile> (Accessed Date: 03.02.2022)
- Anonymous (2021b). Türkiye Statistical Institute (TSI). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=istihdam-issizlik-ve-ucret-108&dil=1> (Accessed Date: 12.05.2021)
- Anonymous (2022). Food and Agriculture Organization (FAO) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (Accessed Date: 16.04.2022)
- Anonymous, (2019). Presidency of the Republic of Türkiye Strategy and Budget Directorate. <https://www.sbb.gov.tr/sgucu-piyasasindaki-gelismelerin-makro-analizi/> (Accessed Date: 06.06. 2019)
- Anonymous, (2020a). Republic of Türkiye Ministry of Interior Presidency of Migration Management, <https://www.goc.gov.tr/giris-cikis> (Accessed Date: 06.06.2021)
- Anonymous, (2020b). Türkiye Statistical Institute (TSI), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-2020-37484#:~:text=%C4%B0%C5%9Fsizlik%20oran%C4%B1%20%13%2C2%20seviyesinde,%13%2C2%20seviyesinde%20ger%C3%A7%20ekle%C5%9Fti> (Accessed Date: 03.02.2022)
- Anonymous, (2021a). Türkiye Statistical Institute (TSI). https://tuikweb.tuik.gov.tr/MicroVeri/Hia_2019/turkce/metaveri/tanim/index.html (Accessed Date: 16.04.2021)
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, England John Wiley & Sons Inc
- Barro, R. J. and Sala-I-Martin, X. (2004), *Economic Growth*, MIT Press, Cambridge.
- Boubtane, E., Caulibaly, D. and Rault, C. (2013). Immigration, unemployment and GDP in the host country: Bootstrap panel granger causality analysis on OECD countries. *Economic Modelling*, (33): 261-269.
- Boubtane, E., Coulibaly D. and Rault C. (2011). Immigration, Unemployment and Growth in the Host Country: Bootstrap Panel Granger Causality Analysis on OECD Countries, Discussion Paper No:5853, IZA, Germany
- Bozkurt, H. Y. (2013). *Time Series Analysis Expanded 2nd Edition*, Ekin Publishing, 5s. (In Turkish)
- Chletos, M. and Roupakias, S. (2012). Immigration, Unemployment and Growth: Empirical Evidence from Greece, Munich Personal RePEc Archive, No.39927
- Darpeix, A., Bignebat, C. and Perrier-Cornet, P. (2014). Demand for seasonal wage labour in agriculture: What does family farming hide? *Journal of Agricultural Economics*, 65(1): 257- 272.
- Demirhan, A. (2019). Panel logit models: an application on banking sector. *Journal of Finance and Accounting*. (111): 341-356. (In Turkish)
- Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a): 427-431.
- Dolado, J., Goría, A. and Ichino, A. (1994). Immigration, human capital and growth in the host country. *Journal of Population Economics*, 7(2): 193-215.
- Engin, C. and Konuk, T. (2020). The impact of international migration on unemployment and economic growth in the Turkish economy: An econometric analysis. *KSU Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 10(1): 103-123. (In Turkish)
- Ergün, S. and Polat, M. A. (2022). Causal relationship between migration, gender, and unemployment: A comparison of regions in Türkiye by development level. *Journal of Migration*, 9(1): 107-126. (In Turkish)
- Esposito, P., Collignon, S. and Scicchitano, S. (2020). The effect of immigration on unemployment in Europe: Does the core-periphery Dualism Matter? *Economic Modelling*, 84: 249-258.
- Fazlıoğlu, A (2002). The Place of Women In Rural Development: GAP example, Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Agricultural Economics Association, 5th Agricultural Economics Congress, Erzurum. www.gap.gov.tr (Accessed date, 21/07/2012). (In Turkish)
- Felbermayr, G., Sanne, H. and Davide, S. (2010). Does immigration boost per capital income? *Economics Letters*, 107(2): 177-179.

- Feridun, M. (2004). Immigration, income and unemployment: An application of the bounds testing approach to cointegration, *The Journal of Developing Areas*, 41(1): 37-49.
- Fuller, W. A. (1976). *Introduction to Statistical Time Series*, John Wiley and Sons. New York.
- Göv, A. and Dürrü, Z. (2017). The relationship between migration and economic growth: An econometric analysis on selected OECD countries. *Journal of International Economic Research*, 3(4): 491-502. (In Turkish)
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3): 424-438.
- Gülbahar, A. (2020). *Macroeconomic effects of international migration: The case of Türkiye (1996-2016)*. (MSc. Thesis). Nevşehir Hacı Bektaş Veli University Graduate School of Social Sciences, Nevşehir, Türkiye. (In Turkish)
- Hsiao, C., 1994. *Analysis of Panel Data*, Cambridge University Press, Cambridge.
- İşcan, İ. H., Demirel, T. (2021). The effects of migration on growth and employment markets in developed countries: A panel ARDL analysis, *Journal of Econometrics and Statistics*, 35: 181-203. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2021.35.1014765> (In Turkish)
- Islam A. (2007). Immigration and unemployment relationship: evidence from Canada, *Australian Economic Papers*, 46: 52–66.
- Karaca, O. (2003). Inflation-growth relationship in Türkiye: A time series analysis. *Doğuş University Journal*, 4(2): 247-255. (In Turkish)
- Karakayacı, Z., Bozdemir Akçıl, M., Eroğlu, O. and Bayramoğlu, Z. (2022). The importance of capital in terms of increasing labor efficiency in agricultural enterprises. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(4): 745-755. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1022253> (In Turkish)
- Koyuncu, T. (2020). Comparative analysis of labor value theory and utility value theory. *Economics Literature*, 2(1): 20-33.
- Latif, E., (2015). The Relationship Between Immigration and Unemployment: Panel Data Evidence From Canada, *Economic Modelling*, Vol: 50, pp.162- 167
- Long, J. S. (1997). *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*, USA Sage Publications Inc.
- Maddala, G. S. (2001). *Introduction to Econometrics*, Third Edition, New York: John Wiley & Sons Inc.
- Meçik, O., Koyuncu, T. (2020). The relationship between migration and economic growth in Türkiye: Toda-Yamamoto causality test. *Journal of Humanities and Social Sciences Research*, 9(3): 2618-2635. (In Turkish)
- Morley, B. (2006). Causality between economic growth and immigration: An ARDL bounds testing approach, *Economics Letters*, 90: 72–76.
- Nurdoğan, A. K. and Şahin, M. (2019). Is international migration a cause of unemployment in Türkiye? *International Journal of Society and Research*, 9(11): 2203-2221. (In Turkish)
- Ogu, C. (2022). Examining the relationships among effect of international migration, unemployment and poverty in Nigeria. *African Journal of Social and Behavioural Sciences*, 12(2): 347-360.
- Ortega F. and Peri G. (2014). Migration, Trade and Income. *Journal of International Economics*, 92: 231-251.
- Öztornacı, B. (2019). *Multidimensional rural poverty and its determinants in Türkiye*. (PhD Thesis) Çukurova University, Institute of Science, Adana, Türkiye. (In Turkish)
- Pınar, A., Siverekli, E., Demir, M., (2016). Perspectives of employers and workers in Şanlıurfa on Syrian employment. *International Labor Organization Research Reports*. 1-34. (In Turkish)
- Sevinç, H. and Sevinç Eroğlu, D. (2016). The Relationship between Economic Growth and Migration: An Analysis Based on Developing Countries, *International Conference on Eurasian Economies Session 2C: Development II*, August 29-31, Hungary. (In Turkish)
- Shan J., Morris A., Sun F. (1999). Immigration and Unemployment: New Evidence from Australia and New Zealand, *International Review of Applied Economics*, 13(2): 253-260.
- Şimşek, D., (2018). *The relationship between migration rate, inflation, and economic growth: A study of eight countries with the highest migration rates*. (MSc. Thesis) Institute of Social Sciences, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Nevşehir. (In Turkish)
- Tari, R. (2012). *Econometri*, Umuttepe Publishing Kocaeli.
- Verturini, A., and Villosio, C., (2004). Labour Market Effect of Immigration into Italy: An Empirical Analysis, *International Labour Review*, 145: 91-118.
- Yılmaz, E., Özdemir, G., Oraman, Y., Unakitan, G., & Konyali, S. (2019). Women's participation in decision-making processes in agricultural production and their expectations from cooperatives. *Journal of Tekirdag Faculty of Agriculture*, 16(1): 71-81. (In Turkish)
- Zagler, M. (2009). Economic Growth, Structural Change, and Search Unemployment. *Journal of Economics*, 96(1): 63-78.

Determination of *In Vitro* and *In Vivo* Efficacy of Some Bacterial Antagonists Against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary in Sunflowers


Ayçiçeğinde *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary'ye Karşı Bazı Bakteriyel Antagonistlerin *In vitro* ve *In vivo* Etkinliklerinin Belirlenmesi


Raziye KOÇAK^{1*}, Nuh BOYRAZ²

Abstract

This study was carried out in 2017-2018 to determine the *in vitro* and *in vivo* activities of some bacterial bioagents against *Sclerotinia sclerotiorum*, which causes root and root-collar rot in sunflower cultivation areas of Konya and Aksaray provinces. Against the two most virulent *S. sclerotiorum* (Hırkatol and Eskil) isolates selected as a result of pathogenicity tests after being isolated and diagnosed from diseased plants which were collected from sunflower cultivation areas in Konya and Aksaray provinces, the antifungal effects of 16 bacterial isolates from the soil in the rhizosphere region of the healthy sunflower plants from the same areas were evaluated. Primarily, the most effective bacterial bioagents were determined by dual culture tests. As a result of the *in vitro* tests, a total of 5 bacterial isolates constituting the largest zone diameter were molecularly identified according to 16S rRNA and were used in pot experiments. The bacteria were identified as *Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Brevibacterium frigoritolerans*, *Bacillus toyonensis* (2 isolates) and were coded using the BLAST program of the GenBank database (NCBI). As per *in vitro*, the highest effect in both isolates of *S. sclerotiorum* was observed in *Bacillus cereus* and *Bacillus simplex* with an inhibition rate of 49.19-57.95%. Except for *Bacillus toyonensis* (B1), one of the bacterial species which were tested *in vivo*, all the bacteria reduced or stopped lesion development compared to the control. As a result of the application, the biological control agent completely prevented the growth of both the isolates of *Bacillus cereus* and *Bacillus simplex* *S. sclerotiorum* in *in vivo* conditions (100%). Efficacy studies have shown that bacterial isolates both cause healthy growth of sunflower plants and significantly prevent disease formation in treated plants when compared to control plants. These results emphasize the importance of such studies as a tool for the development of sustainable agricultural practices that can be easily applied in our region, and also show that *B. cereus* and *B. simplex* in sunflowers can be potential bacterial bioagents that can be used in biological control against *S.sclerotiorum*. In addition, it will be useful to carry out studies on the development of commercial preparations of the bacterial isolates found in the study.

Keywords: Sunflower, White rot, Biological control, *Sclerotinia sclerotiorum*

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Raziye Koçak, Selçuk University, Çumra Vocational School, Animal and Plant Production Department, Konya, Türkiye. E-mail: rkocak@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0002-8221-0452

²Nuh Boyraz, Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Konya, Türkiye. E-mail: nboyraz@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6822-9360

Atıf: Koçak, R., Boyraz, N. (2024). Ayçiçeğinde *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary'ye karşı bazı bakteriyel antagonistlerin *in vitro* ve *in vivo* etkinliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 362-374.

Citation: Koçak, R., Boyraz, N. (2024). Determination of *in vitro* and *in vivo* efficacy of some bacterial antagonists against *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) De Bary in sunflowers. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 362-374.

*This study was summarized from the Raziye Koçak PhD thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Bu çalışma Konya ve Aksaray illeri ayçiçek ekim alanlarında kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *Scerotinia sclerotiorum*'a karşı bazı bakteriyel biyoajanların *in vitro* ve *in vivo* etkinliklerini belirlemek amacıyla 2017-2018 yıllarında yürütülmüştür. Konya ve Aksaray illeri ayçiçek ekim alanlarından toplanan hastalıklı bitkilerden izole edilip, tanınması yapıldıktan sonra patojenisite testleri sonucu seçilen en virulent olan iki *S. sclerotiorum* (Hırkatol ve Eskil) izolatına karşı yine aynı alanlardan sağlıklı ayçiçek bitkilerinin rizosfer bölgesindeki topraktan izole edilen 16 bakteri izolatının antifungal etkileri değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak ikili kültür testleri ile en etkili bakteriyel biyoajanlar belirlenmiştir. *In vitro* testler sonucunda en geniş zon çapı oluşturan toplam 5 bakteri izolatının 16S rRNA'ya göre moleküler olarak tanınması yapılmış ve saksı denemelerinde kullanılmıştır. Bakteriler *Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Brevibacterium frigoritolerans*, *Bacillus toyonensis* (2 izolat) olarak teşhis edilmiş ve GenBank veritabanının (NCBI) BLAST programı kullanılarak kodlanmıştır. *In vitro* da *S. sclerotiorum*'un her iki izolatında da en yüksek etki %49.19-57.95 engelleme oranıyla *Bacillus cereus* ve *Bacillus simplex*' de gözlenmiştir. *In vivo* da test edilen bakteri türlerinden *Bacillus toyonensis* (B1) hariç bütün bakteriler kontrole göre lezyon gelişimini azaltmış veya durdurmuştur. Uygulama sonucunda biyolojik mücadele ajanı bakterilerden *Bacillus cereus* ve *Bacillus simplex* *in vivo* koşullarda *S. sclerotiorum*'un her iki izolatının da gelişmesine tamamen (%100) engel olmuştur. Yapılan etkinlik çalışmalarında bakteriyel izolatların hem ayçiçeği bitkisinin sağlıklı gelişmesine neden olduğu hem de uygulama yapılmış bitkilerde hastalık oluşumunu kontrollerdeki bitkilerle karşılaştırıldığında önemli düzeyde engellediğini göstermiştir. Bu sonuçlar bu tür çalışmaların bölgemizde kolaylıkla uygulanabilecek sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi için bir araç olarak önemini vurgulamakta aynı zamanda ayçiçeğinde *S.sclerotiorum*'a karşı *B.cereus* ve *B.simplex*'in biyolojik mücadelede kullanılacak potansiyel bakteriyel biyoajanlar olabileceklerini göstermektedir. Ayrıca çalışmada etkin bulunan bakteri izolatlarının ticari preparatlarının geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, Beyaz çürüklük, Biyolojik mücadele, *Scerotinia sclerotiorum*

1. Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.), which ranks fourth in the world and is one of the most important oil plants, is important in terms of vegetable raw oil production due to the high content of oil (22-50%) in its seeds. Sunflower oil is one of the oils with the highest nutritional value and while 11% of the world's raw vegetable oil production is met from this oil, Turkey is responsible for 50% of this number. In our country, sunflower takes the second place after cotton in cultivation areas of oil crops and sunflower is grown in almost every region of Turkey (Öztürk et al., 2008).

Among the fungal agents which cause root and crown rot in sunflowers, soilborne pathogen *Sclerotinia* species has a great importance (Rasheed et al., 2004). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary is a disease seen in almost every region of the world where sunflower is grown including Türkiye. *Sclerotinia minor* Jagger is another species reported to cause root rot and wilting on sunflowers but is much less common than *S. sclerotiorum* (Baniasadi et al., 2009). *S. sclerotiorum* is a polyphagous and facultative parasite and is the host of more than 400 plant species belonging to 75 families. When the sunflower seedlings reach a certain size, the sclerotia remaining in the soil become infected and crown rot and wilt begins. Sclerotia are the most important asset of penetration. Survival in soil is very variable, but 5 or 6 years is thought to be the upper limit. At first, wilted plants are scattered across the field, then appear in patches in the field (Davar et al., 2012). In an area contaminated with a pathogen, the probability of plants being infected is very high, but the course of the disease is closely related to the soil and water potential in the plant (Vuong et al., 2004).

As sclerotia and fungus that can survive in the soil for a long time produce ascospores responsible for air infection reaching long distances, due to lack of effective chemical control and high sunflower sensitivity, it is difficult to combat, so cultural measures have a very important place (Saharan and Mehta, 2008; Liu et al., 2021). Since the control of *S. sclerotiorum* is insufficient, biological control methods have become unavoidable (Fernando et al., 2005). The use of biological prevention in integrated management systems is important because it is practical to prevent *S. sclerotiorum*'s infection in sunflower, the cost is appropriate and it is not phytotoxic (Gulya et al., 1997; Fernando et al., 2004).

Rhizosphere and rhizoplane microorganisms play an important role in the biological control of soil pathogens. The most common species used as biological control agent are *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., and *Trichoderma* spp. which are used as biopreparates against many diseases (Weller, 1988; Fira et al., 2018; Yörük and Mirik, 2021). The production of endospores by *Bacillus* spp. against environmental stress conditions provides long survival rates. Biocontrol agent bacteria produce different types of antibiotics and growth promoting compounds that can play a major role in their disease suppressive and growth promoting effects on plants treated with them. (Kloepper et al., 2004; Moeinzadeh et al., 2010).

It is known that bacteria-containing microbial fertilizers and biopesticides are successfully used in agriculture by making many commercial preparates around the world. In Türkiye, although the use of commercial microbial fertilizers in agriculture using local bacterial isolates started, there are no commercial biopesticides yet. Biological control studies are becoming more and more important every day and This causes the studies on prevention to shift in this direction (Kotan, 2014; Kotan and Çelik, 2014; Güldoğan et al., 2022).

In this study, it was aimed to determine the bacterial bioagents against white rot disease in sunflower cultivation areas of Konya and Aksaray provinces and to determine their *in vitro* and *in vivo* activities against the disease.

2. Materials and Methods

2.1. Material

In our study, two isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*, which were isolated from diseased sunflower plants grown in Aksaray Province (from Hırkatol/Eskil districts) and with high virulence as a result of pathogenicity test, and İnegöl Alası as sunflower cultivar were used as test pathogens in our study. The bacterial species *Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Bacillus toyonensis*, *Brevibacterium frigoritolerans* that were isolated from the rhizosphere and identified were used to determine the antagonistic effectiveness against *S. sclerotiorum*.

2.2. Methods

2.2.1. The isolation and identification of the pathogen

S. sclerotiorum isolates used as a pathogen in the study were collected from different districts of Konya (Karatay, Altınekin, Cihanbeyli, Karapınar, Kadınhanı and Çumra) and Aksaray provinces (Hırkatol, Eskil) as a result of a 2-year survey and a total of 10 isolates were determined. According to Warcup (1958), pure cultures of *S. sclerotiorum* were obtained from samples taken from sunflower fields and plants showing root and root-collar disease symptoms, and the isolates were kept in a refrigerator at 4°C and used in *in vitro* and *in vivo* experiments (Warcup, 1958).

In order to define *S. sclerotiorum* and to determine its differences from other species of this genus, the width and length of 5 sclerotiums obtained from each isolate grown in PDA for 3 weeks were measured with a caliper and the arithmetic averages of the obtained values were taken (Lucas, 1998; Leslie and Summerell, 2006).

2.2.2. Isolation, selection and identification of bioagent bacteria

For the isolation of bioagent bacteria, soil samples were taken from 17 different sunflower fields in Konya and Aksaray provinces and from the root zone of plants that were better developed than the others, and the soils collected from the root rhizosphere of 3 plants represented each soil sample and bacterial cultures were obtained according to Küsek (2007). Colonies growing on the medium were examined and colonies with different morphological development were selected and inoculated on Nutrient agar (NA) medium until a pure culture was obtained.

The 16 purified isolates were characterized by the MALDI-TOF biotyping method. The selection among the available bacterial isolates were made by the *in vitro* response results shown against *S. sclerotiorum*.

The five isolates, which showed the greatest zone diameters among these bacterial isolates were identified according to 16S rRNA and were used in pot experiments. Molecular identification of the bacteria was conducted; EurX GeneMATRIX Tissue Bacteria Isolation Kit (EURx Ltd., Poland) was used for DNA isolation. Then with Thermo Scientific Nanodrop 2000 (Thermo Scientific, USA), density and quality of the isolates were determined. 16SrRNA gene sequence was amplified in order to ensure that the bacteria. 27F (5' AGAGTTTGATCMTGGCTCAG 3') and 1492R (5' TACGGYTACCTTGTTACGACTT 3') primers were used for PCR amplifications. Band screening of the PCR products was observed in the gel electrophoresis. Amplified products of template DNA were sent to the MacroGen direct sequencing service (MacroGen, Holland) with ABI 3730 XL DNA Analyzer for sequence determination. The similarity of the 16S rRNA gene sequence was encoded using the BLAST program of the GenBank database (NCBI).

2.2.3. Determination of antagonistic effects of bacterial isolates against *S. sclerotiorum* in vitro

In vitro antifungal activity against *S. sclerotiorum* was determined by the dual culture method using PDA growth medium. For this, two discs in 5 mm from 4 to 5-day culture of *S. sclerotiorum* were placed against each other at nearby edge of 9 cm petri plates containing PDA. A 24 h culture of bacterial isolate grown in NA was streaked into the middle of the plate. After inoculation of the agar, the petri plates were incubated at 27°C for 7 days. The barrier formed between the bacteria and the fungus showed that there was an interaction between the two microorganisms and the width of the inhibition zone was measured from the shortest distance between both colonies and evaluated as the inhibition zone (Z_1). The diameter of the zone (inhibition zone) where the bioagents inhibit the growth of phytopathogenic fungal hyphae in the antibiosis interaction was measured in mm, and the value obtained was used to determine the antibiosis efficiency of the candidate bioagent (Xiaoning et al., 2014).

In addition, the percent inhibition of *S. sclerotiorum* of candidate biological control agents was calculated using the formula of radial growth (Inhibition % = $(r_1 - r_2/r_1) \times 100$) specified by Ghildial and Pandey (2008). (r_1 represents radial growth of the pathogen without antagonist organism while r_2 represents radial growth of the antagonist organism and pathogen).

For each possible bioagent, 3 petri dishes were used and the study was performed in 2 replications. As a control, only *S. sclerotiorum* isolates were inoculated on antibiotic-free PDA media in 2 petri dishes.

2.2.4. Determination of *in vivo* effectiveness of bacterial isolates against *S. sclerotiorum*

In order to test the *in vivo* activity of 5 bacteria (*Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Brevibacterium frigiditolerans*, *Bacillus toyonensis* (2 isolates)) found to be effective *in vitro* on two isolates of *S. sclerotiorum*, in the open area of Selcuk University Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection Research and Application, a pot experiment with 4 replications was established according to the randomized plot design.

The biocontrol agents that were streaked into the nutrient agar were incubated at 28°C for 48 hours. Some sterile water was poured on the developing bacterial colonies and mixed with a glass baguette. The concentration of the bacterial suspension obtained was adjusted to 10⁸ cells/ml. Spectrophotometrically, the absorbance of the suspension was adjusted to 0.1 at 600 nm.

When the plants were at the flowering stage of R2, the shoots localized above the 5 cm of soil surface were made wounds with sterile lancet and the bacterial suspension at a density of 0.5x10⁸ cells/ml was sprayed onto the wounds (Nelson et al., 1988). After the application, the *S. sclerotiorum* 4 mm mycelial disk and moist cotton were placed into the wounds and the wound was wrapped with parafilm. In terms of control plants, sterile water was sprayed onto the wounds and *S. sclerotiorum* 4 mm mycelial disk was placed (Tozlu, 2003). In addition, to determine whether each bacterial isolate has a negative impact in terms of plant growth before the inoculation plant shoots were wounded and the bacterial suspension was sprayed onto the two plants.

The pots were watered with pure water for a week under an open area. The lesions occurring on the shoots were measured with a caliper one week after the inoculation.

2.2.5. Statistical Analysis

The data (lesion length, inhibition zone, percent inhibition ratio) obtained after the study were subjected to ANOVA using SPSS statistical program (SPSS Inc., Version 17.0). The important differences between the treatment means were determined by the Tukey Multiple Comparison Test at 5% significance level.

3. Results and Discussion

3.1. Result

3.1.1 Isolation and Identification of Biocontrol Bacteria

Soil samples from the rhizosphere of plants, which were better grown compared to the others from 17 different sunflower areas in Konya and Aksaray provinces were taken. Each soil sample consisted of 3 different rhizosphere samples.

A total of 16 bacterial colonies, which showed different morphological growth were selected and purified in the isolation studies performed in the laboratory. Five different isolates, which showed strong antagonistic effect against *S. sclerotiorum in vitro* were selected and they were identified by a method based on 16S rRNA gene sequence at species level in BM Labosis Molecular Research Laboratory. The results indicate that the bacterial isolates are closely related to *Bacillus cereus* RP (GenBank access code OQ110614), *Bacillus simplex* RC (GenBank access code OQ116342), *Brevibacterium frigiditolerans* RF (GenBank access code OQ110612), *Bacillus toyonensis* RD (B1) (GenBank access code OQ116344) and *Bacillus toyonensis* RI (B2) (GenBank access code OQ116343). The sequence similarity was 99% when *Bacillus cereus* was concerned and 100% in the others.

3.1.2. Antagonistic Effects of the Selected Bacterial Isolates *In vitro*

The effectiveness of the 5 bacterial isolates against *S. sclerotiorum in vitro* and the grouping of them according to Tukey Multiple Comparison Test were given in *Table 1*.

It was determined whether or not biological control agent antagonistic bacteria have antibiosis interaction with the two isolates of *S. sclerotiorum*. In the laboratory studies, the most effective strains against *S. sclerotiorum* were shown in *Figure 1* and the least effective strains against *S. sclerotiorum* were shown in *Figure 2*.

All bacterial agents made inhibition zone in petri plates and showed antagonistic effect. Against the two isolates of *S. sclerotiorum*, *Bacillus simplex* made inhibition zones of 10.5 mm in Hırkatol isolate and of 10.3 mm in Eskill isolate; *Bacillus cereus* made inhibition zones of 10.17 mm in Hırkatol isolate and of 10.33 mm in Eskill isolate.

Bacillus toyonensis (B1), made a high inhibition zone (10.17 mm) similar to the other bacteria in Hirkatol isolate, but produced less effect in Eskil isolate. The least inhibition zone measurements were made in *Brevibacterium frigoritolerans* and *Bacillus toyonensis* (B2).

Table 1. The effectiveness of the 5 selected bacterial isolates against *S. sclerotiorum* in vitro conditions

Bacterial species	<i>S. sclerotiorum</i> isolate		<i>S. sclerotiorum</i> isolate	
	From Hirkatol		From Eskil	
	Inhibition zone (mm)	Inhibition ratio (%)	Inhibition zone (mm)	Inhibition ratio (%)
<i>Bacillus cereus</i>	10.17 a	57.95 a	10.33 a	50.49 a
<i>Bacillus simplex</i>	10.5 a	54.6 a	10.3 a	49.19 ab
<i>Bacillus toyonensis</i> (B1)	10.17 a	54.44 a	9.5 a	44.51 ab
<i>Bacillus toyonensis</i> (B2)	7.2 b	50.25 a	9.5 a	44.09 ab
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	7 b	46.5 b	7 b	40.62 b

P<0.05 (There is no statistical difference between the means expressed with the same letter in the same column)

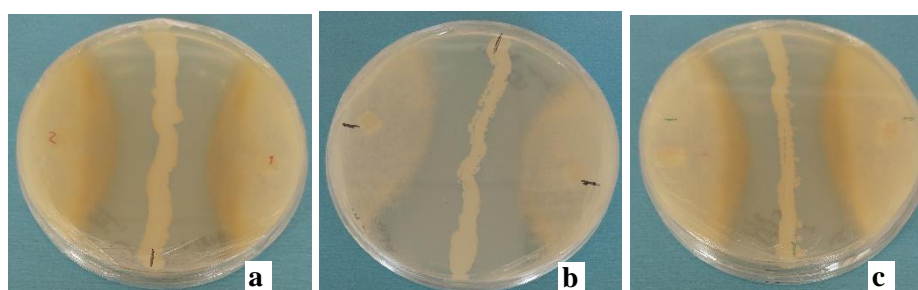


Figure 1. The most effective strains against *S. sclerotiorum* in vitro a) *Bacillus cereus*, b) *Bacillus simplex* and c) *Bacillus toyonensis* (B1)

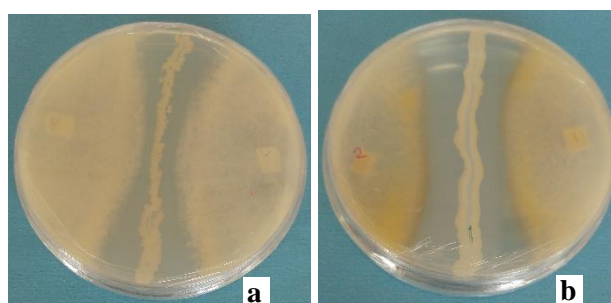


Figure 2. The least effective strains against *S. sclerotiorum* in vitro. a) *Brevibacterium frigoritolerans* and b) *Bacillus toyonensis* (B2)

The percent inhibition ratio of the antagonist bacteria ranged between 38.62% and 57.95%. In terms of Hirkatol isolate, the strongest effect was seen on *Bacillus cereus* with 57.95 %, followed by *Bacillus simplex* with 54.6% and *Bacillus toyonensis* (B1) with 54.44%. However, there was no significant difference between the three bacterial species. *Bacillus toyonensis* (B2) showed 50.25% and *Brevibacterium frigoritolerans* showed 46.5% inhibition ratios, which are found statistically different. The antagonist bacteria showed similar inhibition in terms of the Eskil isolate, the highest ones were seen in *Bacillus cereus* with 50.49% and *Bacillus simplex* with 49.19%. *Brevibacterium frigoritolerans* was found to be the least effective isolate against *S. sclerotiorum* in vitro. In addition, the bold brown deaths of *S. sclerotiorum*'s mycelia that are close to the inhibition zone (Figure 1a and 1c) indicated strong antifungal activity as determined previously by Abdullah et al. (2008) and Rahman et al. (2016).

3.1.3. The effectiveness of the bacterial agents against *Sclerotinia sclerotiorum* in vivo

The effectiveness of candidate bioagent bacteria, which were found to be effective *in vitro* in the pot experiment, against *S. sclerotiorum* isolates was tested and the lesion lengths they formed as a result of the *in vivo* test are given in Table 2.

Table 2 The effectiveness of the selected candidate bioagent bacteria against *Sclerotinia sclerotiorum* isolates in vivo.

Bacterial species	<i>S. sclerotiorum</i> Hırkatol Isolate		<i>S. sclerotiorum</i> Eskil Isolate	
	Lesion length (cm)	% Inhibition ratio*	Lesion length (cm)	% Inhibition ratio*
	<i>Bacillus cereus</i>	0 a	100	0 a
<i>Bacillus simplex</i>	0 a	100	0 a	100
<i>Bacillus toyonensis</i> (B2)	5.83 b	31	5.67 bc	12
<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	6 b	30	3.17 b	51
<i>Bacillus toyonensis</i> (B1)	8.67 c	-4	7.17 c	-12
Control	8.33 c	-	6.4 c	-

P<0.05 (The means that are followed with the same letter are not statistically different in the same column)

* % Inhibition ratio = (Control-Treatment) /Control x 100

The inhibition effectiveness of the bacterial isolates against *S. sclerotiorum* used in this study was found to be different and the differences were statistically significant. All the bacterial isolates with the exception of *Bacillus toyonensis* (B1) significantly reduced or stopped the lesion development. After the treatment, *Bacillus cereus* and *Bacillus simplex* among the selected bioagent bacteria completely stopped (100%) the *S. sclerotiorum*'s two isolates development *in vivo* (Figure 3a and 3b).

The other bacterial agents, which reduced the lesion development in Hırkatol isolate compared to the control (8.33 cm) were *Bacillus toyonensis* (B2) (5.83 cm with an inhibition ratio of 31%) and *Brevibacterium frigoritolerans* (6 cm with an inhibition ratio of 30%). In terms of Eskil isolate, *Brevibacterium frigoritolerans* (3.17 cm with and inhibition ratio of 51%) was first (Figure 3c) and *Bacillus toyonensis* (B2) (5.67 cm with and inhibition ratio of 12%) was second compared to the control (6.14 cm) (Table 2). However, the isolate *Bacillus toyonensis* (B1) was ineffective against *S. sclerotiorum*'s both isolates compared to the control (Figure 4a and 4b). It was recognized that this could be related to some situations, which were responsible for stopping the antibiosis mechanism. Among these could be the lack of antibiotic production, the disappearance of the antibiotic shortly after the production and the short area of the effectiveness in plants. Because the production of bioactive secondary metabolites varies depending on the species or strains of microorganisms and their cultural conditions as determined by Jose et al. (2011) and Wang et al. (2011). It was recognized that the environmental conditions such as pH and temperature have effects on the growth and antibiotic production of the different bacterial species (Vijayakumari et al., 2013). It was previously determined that *Bacillus* species have a pH optimum range of 6.5 to 7.5 and a temperature optimum range of 5 to 30°C (Guimaraes et al., 2004).

In addition, the application of only bacterial agents to the wounds created in sunflower plants as a control *in vivo* resulted in no lesion development. This shows that the bacterial strains used in sunflower plants do not produce any kind of disease.

It was reported that *Bacillus* species in general and more specifically the species *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus*, and *B. megaterium* are effective against *S. sclerotiorum* and other soil origin fungal pathogens (Georgakopoulos et al., 2001; Soylu et al., 2005; Zhang and Xue, 2010; Onaran and Yanar 2011; Ji, 2013; Mansour et al., 2008; Ajilogba et al., 2013; Tozlu et al., 2016). When the isolates were considered at species level, *B. cereus*, *B. simplex*, *B. toyonensis* and *Brevibacterium frigoritolerans* were the most effective respectively and they showed the inhibition ratio differing from 12% to 100% (Table 2).

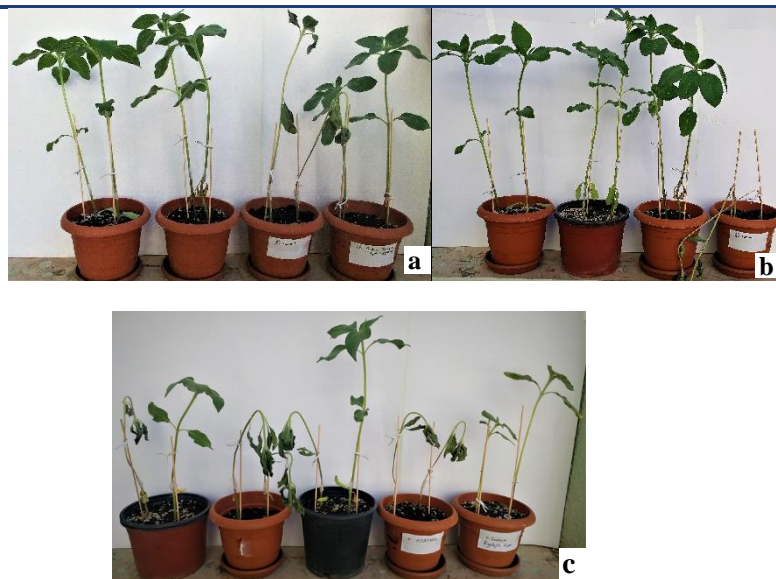


Figure 3. The bacterial isolates, which showed strong inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* in vivo. *Bacillus cereus* (a), *Bacillus simplex* (b) and *Brevibacterium frigoritolerans* (c).



Figure 4. The bacterial isolates, which showed low inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* in vivo. *Bacillus toyonensis* (B2) (a) and *Bacillus toyonensis* (B1) (b).

3.2. Discussion

Bacillus cereus is very closely related to *Bacillus thuringiensis* (Han et al., 2006). *Bacillus thuringiensis* is a biopesticide used worldwide and a well-known entomopathogen bacterium. At the same time, *B. thuringiensis* and *B. cereus* have been shown to be effective biological control agents against *S. sclerotiorum* in the studies performed earlier (Duncan et al., 2006; Zeng et al., 2012; Gao et al., 2014; Ouhaibi-Ben Abdeljalil et al., 2016). The data obtained in earlier studies are similar to our results and *B. cereus* has been shown to be the most effective bioagent with 57.95% inhibition zone in our study.

Kamal et al. (2015) determined in the study conducted on canola that against *S. sclerotiorum* crown rot disease, *B. cereus* and *B. subtilis* antagonistic strains significantly reduced the mycelium development and completely inhibited the sclerotinia germination *in vitro*.

There is a relationship between *Bacillus simplex* and *Bacillus subtilis*, they are both present in the soil for the same ecological position, and they compete with each other (Sikorski and Nevo, 2007; Earl et al., 2008). However, *B. subtilis* shows strong antibacterial, antiviral and antifungal activity with surfactin produced, and inhibits the activity of many *Bacillus* species including *B. simplex* in soil by antagonistic interaction. This condition is believed to be related to the metabolites released into the environment. The studies performed showed that *B. toyonensis* colonies are usually eradicated by *B. subtilis* (Rosenberg et al., 2016). Many earlier studies performed showed that *B. simplex* promotes plant growth (Gutiérrez-Luna et al., 2010; Hassen and Labuschagne, 2010; Erturk et al., 2010) and some studies classified *B. simplex* as a PGPR (Ash et al., 1991; Xu and Côte, 2003). *B. subtilis* species are used as biological control agent widely by the bacillibactin produced as a siderophore and they have the other

PGPRs' effects. In a study performed, *B. subtilis* strain produced faster inhibition zone compared to *B. simplex*, both of which were isolated from the rhizosphere of different plants (Schwartz et al., 2013). However, both strains showed antifungal activities, which can be used as a potential biocontrol agent. There have been quite a few studies, which used *B. simplex* as a phytopathogen *in vitro*, however, our results indicated that *B. simplex* can be used against *S. sclerotiorum* as a strong biocontrol agent.

B. toyonensis, belongs to the group *B. cereus* (Jiménez et al., 2013) and produces toyocerin active ingredient. It has an economical importance as a probiotic bacterium and it has been used as a supplementary material in animal feed for long time (Williams et al., 2009). In a study similar to ours, strains isolated from healthy tomato plants have been identified as *B. toyonensis* and *B. cereus* by 16S rRNA gene sequence analysis (Rocha et al., 2017). These strains showed strong antagonistic effects against *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) in dual culture technique *in vitro* and stopped the mycelial development completely.

In this study, *Brevibacterium frigoritolerans* (*Bacillus frigoritolerans*) which belongs to the genus *Bacillus*, produced less inhibition zone compared to the other bacteria and showed 46.5% inhibition ratio. Similarly, *B. frigoritolerans* strain isolated from Aloe vera rhizosphere is able to solubilize phosphate and produce high amounts of IAA *in vitro* (Tara and Saharan, 2017). This strain has a potential to be used as biological control agent by inhibiting the pathogen growth by 38.6% siderophore production (Tsavkelova et al., 2007; Tara and Saharan, 2017). Siderophores inhibits the spore formation and the disease symptoms of fungal pathogens by absorbing the Fe-III. (Montesinos et al., 2002). Some *Pseudomonas* species with the ability of plant growth promotion have stronger siderophore production than *Bacillus* species (Kannahi and Kowsalya, 2013). Our results indicated that *B. frigoritolerans* has a strong siderophore production potential and it can be used as a potential bioagent.

In recent years, there have been studies associated with *B. frigoritolerans* in Türkiye. For example, soil samples from different orchards in Aydın province were collected and the bacterial diversity among these soil samples were investigated. The isolates were identified as *Brevibacterium frigoritolerans* and *B. cereus* according to 16S rRNA gene sequence analysis (Yörükçe et al., 2017). It has been stressed that the importance of these isolate from soils in ecosystem management and agricultural applications is very high. Consequently, the *Bacillus* strains have been frequently met because the bacteria in this group have the potential to survive in many different ecological niches (Connor et al., 2010).

Effective antagonist bacteria, when colonized on the rhizosphere, seeds or wounds in the plants, they produce antimicrobial substances (siderophore, protease, ammonia etc.) and provide suppressive effects. For antibiotic substances to be effective, they have to be close to the pathogen (Paulits and Belanger, 2001). It is known that some antagonists have the ability to produce more than one antibiotic (Bacon et al., 2015; Cawoy et al., 2011). For example, *Bacillus cereus* strain UW85 have the ability to produce antibiotics zwittermycin and kanamycin. To be able to produce more than one antibiotic provides a great advantage in the competition among microorganisms in soil. In addition, antagonists that possess mechanisms other than antibiotic production have the ability to suppress diseases in greater areas (Pal and Gardener, 2006).

It is clearly understood that *in vitro* and *in vivo* pot and field experiments are necessary to be able to find fungal and bacterial isolates that have the biological control potential. It is necessary that more detailed studies are required for the determination of the mechanisms used by the isolates that we have employed in this study to suppress the pathogens.

Detailed knowledge of bioagents will allow their specific application in biocontrol and will lead to the production of strains that produce sufficient amounts of pharmaceutically biotechnologically active substances.

Recently, it has been demonstrated that bacteria and fungi that belong to different taxonomical groups produce different bioactive substances and it has been reported that many successful studies have been performed in this area. The study that we have performed show important results. However, it should not be forgotten that there are many points that need to be emphasized in order to put them into practice.

More detailed studies for the identification of the successful isolates at species level and suitable formulations for the mass production of the bioagents are required. The biocontrol agents only make up 1% of the total pesticide sales (Fravel, 2005). It is understood that chemicals govern the agricultural industry. Formulation and agricultural usage methods determine the effectiveness and the sales of the commercial products (Arora et al., 2010; Mishra et

al., 2015). For this reason, after these studies, it should be focused on why biological control agents are not effective in the field scale. As the new data are obtained better biopesticide formulations can be developed. For this reason, it is predicted that these microorganisms will play a great role in the 21st century agriculture.

4. Conclusions

In this study, while a high (100%) activity inhibiting mycelial growth of *S. sclerotiorum* was exhibited by *B. cereus* and *B. simplex*, the antifungal effect in other isolates was observed to vary between 12-51% when evaluated in general. These results provided important data for the application of effective bioagents in the control of *Sclerotinia* crown rot.

Acknowledgment

This study was presented as an oral presentation at the “8th Plant Protection Congress with International Participation” in 2021 and published in the summary book. It is acknowledged that this study is financially supported by Selçuk University Scientific Research Projects Coordinatorship (Project number: BAP-18101017).

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: Koçak, R., Boyraz, N.; Design: Koçak, R., Boyraz, N.; Data Collection or Processing: Koçak, R., Boyraz, N.; Statistical Analyses: Koçak, R.; Literature Search: Koçak, R.; Writing, Review and Editing: Koçak, R., Boyraz, N.

References

- Abdullah, M. T., Ali, N. Y. and Suleman, P. (2008). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection*, 27(10): 1354-1359.
- Ajillogba, C. F., Babalola, O. O. and Ahmad, F. (2013). Antagonistic effects of *Bacillus* species in biocontrol of tomato Fusarium wilt. *Studies on Ethno-Medicine*, 7(3): 205-216.
- Arora, N. K., Khare, E. and Maheshwari, D.K. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria: constraints in bioformulation, commercialization, and future strategies. In: Maheshwari, D.K. (Ed.), *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*. Springer, Berlin, Heidelberg, 97-116.
- Ash, C., Farrow, J. A. E., Wallbanks, S. and Collins, M. D. (1991). Phylogenetic heterogeneity of the genus *Bacillus* revealed by comparative-analysis of small-subunit-ribosomal RNA sequences. *Letters in applied microbiology*, 13(4): 202-206.
- Bacon, C. W., Palencia, E. R. and Hinton, D. M. (2015). Abiotic and biotic plant stress-tolerant and beneficial secondary metabolites produced by endophytic *Bacillus* species. In: Arora, N.K. (Ed.), *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*. Springer, India, pp. 163-177.
- Baniasadi, F., Bonjar, G. H. S., Baghizadeh, A., Nik, A. K., Jorjandi, M., Aghighi, S. and Farokhi, P. R. (2009). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum*, causal agent of sunflower head and stem rot disease, by use of soil borne Actinomycetes isolates. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(2): 146-151.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. and Ongena, M. (2011). *Bacillus* based biological control of plant diseases. In: Stoytcheva, M. (Ed.), *Pesticides in the Modern World-Pesticides Use and Management*. InTech, Rijeka, Croatia, pp. 273-302.
- Connor, N., Sikorski, J., Rooney, A. P., Kopac, S., Koeppl, A. F., Burger, A., Cole, S. G., Perry, E. B., Krizanc, D., Field, N. C., Slaton, M. and Cohan, F. M. (2010). Ecology of speciation in the genus *Bacillus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(5): 1349-1358.
- Davar, R., Darvishzadeh, A. M., Masouleh, A. K. and Ghosta, Y. (2012). The infection processes of *Sclerotinia sclerotiorum* in basal stem tissue of a susceptible genotype of *Helianthus annuus* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1): 143-149.
- Duncan, R. W., Dilantha Fernando, W. G. and Rashid, K. Y. (2006). Time and burial depth influencing the viability and bacterial colonization of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2): 275-284.
- Earl, A. M., Losick, R. and Kolter, R. (2008). Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in microbiology*, 16(6): 269-275.
- Erturk, Y., Ercisli, S., Haznedar, A. and Cakmakci, R. (2010). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting and root growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) stem cuttings. *Biological Research*, 43: 91-98.
- Fernando, W. G. D., Nakkeeran, S. and Zhang, Y. (2004). Ecofriendly methods in combating *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Recent Research Developments in Environmental Biology*, 1: 329-347.
- Fernando, W.G. D., Ramarathnam, R. and Krishnamoorthy, A. S. (2005). Identification and use of potential bacterial organic antifungal volatiles in biocontrol. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5): 955-964.
- Fira, D., Dimkić, I., Berić, T., Lozo, J. and Stanković, S. (2018). Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. *Journal of Biotechnology*, 285:44-55.
- Fravel, D. R. (2005). Commercialization and implementation of biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, 43: 337-359.
- Gao, X., Han, Q., Chen, Y., Qin, H. and Huang, L. (2014). Biological control of oilseed rape *Sclerotinia* stem rot by *Bacillus subtilis* strain Em7. *Biocontrol Science and Technology*, 24(1): 39-52.
- Georgakopoulos, D. G., Fiddaman, P., Leifert, C. and Malathrakis, N. E. (2001). Evaluation of antagonistic bacteria and fungi for biological control of sugar beet and cucumber damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Bulletin OILB/ SROP*, 24 (3): 203-207.
- Ghildiyal, A. and Pandey, A. (2008). Isolation of cold tolerant strains of *Trichoderma* sp. from glacial sites of Indian Himalayan region. *Research Journal of Microbiology*, 3(8): 559-564.
- Guimaraes, L. M., Furlan, R. L., Garrido, L. M., Ventura, A., Padilla, G. and Facciotti, M. C. (2004). Effect of pH on the production of the antitumor antibiotic retamycin by *Streptomyces olindensis*. *Biotechnology and applied biochemistry*, 40(1): 107-111.
- Güldoğan, Ö., Aktepe, B. P., Aysan, Y. (2022). Use of different *Bacillus* species in the biological control of tomato bacterial speck disease. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(4): 829-839.
- Gulya, T. J., Rashid, K. Y. and Masirevic, S. M. (1997). Sunflower diseases. In: Schneiter, A. A. (Ed.). *Sunflower technology and production*. Madison: *American Society of Agronomy*, 35: 263-379.
- Gutiérrez-Luna, F. M., López-Bucio, J., Altamirano-Hernández, J., Valencia-Cantero, E., de la Cruz, H. R. and Macías-Rodríguez, L. (2010). Plant growth-promoting rhizobacteria modulate root-system architecture in *Arabidopsis thaliana* through volatile organic compound emission. *Symbiosis*, 51: 75-83.
- Han, C. S., Xie, G., Challacombe, J. F., Altherr, M. R., Bhotika, S. S., Bruce, D., Campbell, C. S., Campbell, M. L., Chen, J. and Chertkov, O. (2006). Pathogenomic sequence analysis of *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* isolates closely related to *Bacillus anthracis*. *Journal of Bacteriology*, 188(9): 3382-3390.

- Hassen, A. I. and Labuschagne, N. (2010). Root colonization and growth enhancement in wheat and tomato by rhizobacteria isolated from the rhizoplane of grasses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26: 1837–1846.
- Ji, S. H. (2013). Biocontrol Activity of *Bacillus amyloliquefaciens* CNU114001 against fungal plant diseases. *Mycobiology*, 41: 234–242.
- Jiménez, G., Urdiain, M., Cifuentes, A., López-López, A., Blanch, A. R., Tamames, J., Kämpfer, P., Kolstø, A. B., Ramón, D., Martínez, J. F., Codoñer, F. M. and Rosselló-Mora, R. (2013). Description of *Bacillus toyonensis* sp. nov., a novel species of the *Bacillus cereus* group, and pairwise genome comparisons of the species of the group by means of ANI calculations. *Systematic and Applied Microbiology*, 36(6):383–391.
- Jose, P. A., Santhi, V. S., Jebakumar, S. R. D. (2011). Phylogenetic- affiliation, antimicrobial potential and PKS gene sequence analysis of moderately halophilic *Streptomyces* sp. inhabiting an Indian saltpan. *Journal of Basic Microbiology*, 51(4): 348–356.
- Kamal, M. M., Lindbeck, K. D., Savocchia, S. and Ash, G. J. (2015). Biological control of *Sclerotinia* stem rot of canola using antagonistic bacteria. *Plant Pathology*, 64(6): 1375-1384.
- Kannahi, M. and Kowsalya, M. (2013). Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Vigna mungo* growth. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(5): 46-52.
- Kloepper, J. W., Ryu, C. M. and Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11): 1259-1266.
- Kotan, R. (2014). Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11: 44-48.
- Kotan, R. and Çelik, S. (2014). Mikrobiyal gübre ve biyopestisitlerin kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar. *Harman Time*, 14: 64-68.
- Küsek, M. (2007). *Identification of grape crown gall disease caused by Agrobacterium vitis and research on possible control of the disease*. (Ph.D. Thesis) Çukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Plant Protection Department, Adana, Türkiye.
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA. pp. 388.
- Liu, S., Fu, L., Chen, J. et al. (2021). Baseline sensitivity of *Sclerotinia sclerotiorum* to metconazole and the analysis of cross-resistance with carbendazim, dimethachlone, boscalid, fluazinam, and fludioxonil. *Phytoparasitica*, 49(1): 123–130.
- Lucas, J. A. (1998). *Plant Pathology and Plant Pathogens* (3rd ed.). Blackwell Science, Oxford, pp. 274.
- Mansour, T., A., Nida, Y., A. and Patrice, S. (2008). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection*, 27(10): 1354-1359.
- Mishra, J., Tewari, S., Singh, S. and Arora, N. K. (2015). Biopesticides: where We stand? In: Arora, N.K. (Ed.), *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*, Springer, India, pp. 37–75.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M. and Heidari Tajabadi, F. (2010). Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7): 564-570.
- Montesinos, E., Bonaterra, A., Badosa, E, Francâç, J., Alemany, J., Llorente, I. and Moragrega, C. (2002). Plantmicrobe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control. *International Microbiology*, 5(4): 169–175.
- Nelson, B., Duval, D. and Wu, H. (1988). An in vitro technique for large-scale production of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 78: 1470-1472.
- Onaran, A. and Yanar, Y. (2011). Screening bacterial species for antagonistic activities against the *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary causal agent of cucumber white mold disease. *African Journal of Biotechnology*, 10(12): 2223-2229.
- Ouhaibi-Ben Abdeljalil, N., Vallance, J., Gerbore, J., Rey, P. and Daami-Remadi, M. (2016). Bio-suppression of *Sclerotinia* stem rot of tomato and biostimulation of plant growth using tomato-associated rhizobacteria. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 7(2): 1000331.
- Öztürk, Ö., Akinerdem, F., Bayraktar, N. and Ada, R. (2008). The investigation of yield and important agronomic characters of some hybrid sunflower cultivars under Konya irrigated conditions. *Selçuk University The Agricultural Faculty Journal*, 22(45): 11-20.
- Pal, K. K. and Gardener, B. (2006). Biological control of plant pathogens. *The plant health instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-A-2006-1117-02> (Accessed date: 13.09.2019).
- Rahman, M. M. E., Hossain, D. M., Suzuki, K., Shiiya, A., Suzuki, K. and Dey, T. K. (2016). Suppressive effects of *Bacillus* spp. on mycelia, apothecia and sclerotia formation of *Sclerotinia sclerotiorum* and potential as biological control of white mold on mustard. *Australasian Plant Pathology*, 45(1): 103-117.
- Rasheed, S., Dawar, S., Ghaffar, A. and Shaukat S. S. (2004). Seed borne mycoflora of groundnut. *Pakistan Journal of Botany*, 36(1): 199-202.

- Rocha, F. Y. O., Oliveira, C. M., Silva, P. R. A., Leona, Henrique Melo, V., Carmo, M. G. F. and Baldani, J. I. (2017). Taxonomical and functional characterization of *Bacillus* strains isolated from tomato plants and their biocontrol activity against races 1, 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Applied Soil Ecology*, 120: 8-19.
- Rosenberg, G., Steinberg, N., Oppenheimer-Shaanan, N., Olender, T., Doron, S., Ben-Ari, J., Sirota-Madi, A., Bloom-Ackermann, Z. and Kolodkin-Gal, I. (2016). Not so simple, not so subtle: The interspecies competition between *Bacillus simplex* and *Bacillus subtilis* and its impact on the evolution of biofilms. *NPJ Biofilms Microbiomes*, 2: 15027.
- Saharan, G. S. and Mehta N. (2008). *Sclerotinia* Diseases of Crop Plants: *Biology, Ecology and Disease Management*, Vol. LXII. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany.
- Schwartz, A., Ortiz, I., Maymon, M., Herbold, C., Fujishige, N., Vijanderan, J., Vilella, W., Hanamoto, K., Diener, A., Sanders, E., DeMason, D. and Hirsch, A. (2013). *Bacillus simplex*—a little known PGPB with anti-fungal activity—alters pea legume root architecture and nodule morphology when coinoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*. *Agronomy*, 3(4):595–620.
- Sikorski, J. and Nevo, E. (2007). Patterns of thermal adaptation of *Bacillus simplex* to the microclimatically contrasting slopes of 'Evolution Canyons' I and II, Israel. *Environ Microbiology*, 9(3):716–726.
- Soylu, S., Soylu E. M., Kurt ğ. And Ekici Ö. K. (2005). Antagonistic potentials of rhizosphere-associated bacterial isolates against soil-borne diseases of tomato and pepper caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(1): 43–48.
- Tara, N. and Saharan, B. S. (2017). Plant growth promoting traits shown by bacteria *Brevibacterium frigidolerans* SMA23 Isolated from Aloe vera rhizosphere. *Agricultural Science Digest*, 37(3): 226-231.
- Tozlu, E. (2003). *Pasinler ovası 'nda ayçiçeğinde gövde çürüklüğü hastalığını oluşturan Sclerotinia sclerotiorum (lib.) de bary ve Sclerotinia minor jagger'in yayılışı, tanılanması, patojeniteleri ve biyolojik kontrolü*. (Doktora Tezi Basılmamış) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Tozlu, E., Mohammadi, P., Senol Kotan, M., Nadaroglu, H. and Kotan, R. (2016). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, the causal agent of white mould disease in red cabbage, by some bacteria. *Plant Protection Science*, 52: 188–198.
- Tsavkelova, E. A., Cherdyntseva, T. A., Botina, S. G. and Netrusov, A. I. (2007). Bacteria associated with orchid roots and microbial production of auxin. *Microbiological Research*, 162(1): 69–76.
- Vijayakumari, S. J., Sasidharannair, N. K., Nambisan, B. and Mohandas, C. (2013). Optimization of media and temperature for enhanced antimicrobial production by bacteria associated with *Rhabditis* sp. *Iranian Journal of Microbiology*, 5(2): 136–141.
- Vuong, T. D., Hoffman, D.D., Diers, B. W., Miller, J.F., Steadman, J. R. and Hartman, G.L. (2004). Evaluation of soybean, dry bean, and sunflower for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. *Crop Science*, 44(3): 777–783.
- Wang, Y., Fang, X., An, F., Wang, G. and Zhang, X. (2011). Improvement of antibiotic activity of *Xenorhabdus bovienii* by medium optimization using response surface methodology. *Microbial Cell Factories*, 10: 98.
- Warcup, J. H. (1958). Distribution and Detection of Root- Disease Fungi. *Plant Pathology Problems and Progress* (Ed.) C. S: Hulton, G. W. Fulton, Helen Hert, SEA, Mc Callon The Ragents of the Universty of Wisconsin, 317–324.
- Weller, D. M. (1988). Biological control of soilborn plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 26: 379–407.
- Williams, L. D., Burdock, G. A., Jiménez, G. and Castillo, M. (2009). Literature review on the safety of Toyocerin, a non-toxicogenic and non-pathogenic *Bacillus cereus* var. *toyoi* preparation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 55(2): 236–246.
- Xiaoning, G., Qingmei, H., Yafei, C., Huqiang, Q., Lili, H. and Zhensheng, K. (2014). Biological control of oilseed rape *Sclerotinia* stem rot by *Bacillus subtilis* strain Em7. *Biocontrol Science and Technology*, 24: 39–52.
- Xu, D. and Côte, J. C. (2003). Phylogenetic relationships between *Bacillus* species and related genera inferred from comparison of 3' end 16S rDNA and 5' end 16S–23S ITS nucleotide sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53(3): 695–704.
- Yörük, B. and Mirik, M. (2021). Determination of *in vitro* biocontrol potentials of antagonist bacterial isolates against walnut blight disease agent *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(3): 569–577.
- Yörükçe, M. A., Aktaş, B., Geroğlu, Y., Poyrazoğlu Çoban, E. and Bıyık, H. H. (2017). Isolation and identification of bacteria from fruit garden soils in Aydın Province. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2): 66–73.
- Zeng, W., Kirk, W. and Hao, J. (2012). Field management of *Sclerotinia* stem rot of soybean using biological control agents. *Biological Control*, 60(2): 141–147.
- Zhang J. X. and Xue A. G. (2010). Biocontrol of *Sclerotinia* stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of soybean using novel *Bacillus subtilis* strain SB24 under control conditions. *Plant Pathology*, 59(2): 382–391.

Kekik Üretiminde Girdi Kullanımı ve Maliyet Analizi-Denizli İli Türkiye Örneği*

Input Use and Cost Analysis in Thyme Production-A Case of Denizli Province in Türkiye

Arif SEMERCİ^{1*}, Enver KEN²**Öz**

Bu çalışma, Denizli ilinde yer alan tarım işletmelerinde kekik üretiminde girdi kullanımının belirlenmesi ve üretim maliyetinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler Basit Tesadüfi Örnekleme Yöntemi'ne göre belirlenen 82 adet tarım işletmesinden anket uygulamasıyla elde edilmiştir. İncelenen işletmelerde tarımsal gayrisafı üretim değerinin %60.57'si, bitkisel üretim deseninin %65.54'ü ve bitkisel üretim değerinin de %73.89'unu kekik ve kekikten elde edilen üretim değerleri oluşturmaktadır. İşletmelerde ortalama kekik üretim alanı 45 da olup, birim alandan elde edilen verim 95.10 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Araştırma bulguları birim alandan ortalama 95.10 kg kekik ürünü elde edilebilmesi için dekar başına; 10,296 adet fide, 8.93 cc zirai mücadele ilacı, 52.34 kg kimyevi gübre ve 16.57 lt mazot tüketilmesi gerektiğini, bununla birlikte 4.49 saat makine işgücü ve 17.84 saat insan işgücüne ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Yürütülen çalışmada kekik üretiminin ortalama üretim değeri 1.494,02 TL da⁻¹ olarak hesaplanmış, en yüksek kekik üretim değeri 1.691,00 TL da⁻¹ ile birinci grupta yer alan işletmelerden elde edilmiştir. Yürütülen araştırmada birim alanda ortalama kekik üretim maliyeti 1.101,36 TL da⁻¹ olarak tespit edilmiş, en yüksek ürün maliyeti 1.175,83 TL da⁻¹ ile birinci grupta yer alan işletmelerde gerçekleşmiştir. İşletmeler ortalaması dikkate alındığında, birim alanda kekik üretiminin brüt kârı 882.74 TL da⁻¹, net kârı 392.66 TL da⁻¹ ve nispi kâr oranı ise 1.36 olarak hesaplanmıştır. Nispi kâr oranı birinci (1.44) ve ikinci (1.45) grupta yer alan işletmelerde birbirine oldukça yakın iken, en düşük nispi kâr 1.29 ile üçüncü grupta yer alan işletmelerden elde edilmiştir. Yapılan araştırma Denizli ilinde kekik üretimine ilişkin tarımsal bir örgütlenmenin olmadığını göstermiştir. Bu durum işletmelerin kekik üretiminden elde edebileceği geliri kısıtlamaktadır. Bununla birlikte coğrafi tescilli bir ürün olan kekikte il özelinde markalaşmaya gidilmesi halinde kekik üreticilerinin gelirinin de artması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Girdi kullanımı, Brüt kar, Net kar, Nispi kar, Denizli

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Arif Semerci, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: arifsemerci@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0003-0893-3748

² Enver Ken, Denizli, Türkiye. E-mail: enverken@hotmail.com  OrcID: 0000-0001-7472-3883

Atıf: Semerci, A., Ken, E. (2024). Kekik üretiminde girdi kullanımı ve maliyet analizi-Denizli İli örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 375-392.

Citation: Semerci, A., Ken, E. (2024). Input use and cost analysis in thyme production-a case of the Denizli Province in Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 375-392.

*Bu çalışma Enver Ken'in Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

This study was carried out in order to determine the input use in thyme production and to examine the production cost in agricultural enterprises located in Denizli province. The data used in the research were obtained by a questionnaire study from 82 agricultural enterprises which were determined according to the Simple Random Sampling Method. According to research results, in the research area, 60.57% of the agricultural gross production value, 65.54% of the plant production pattern, and 73.89% of the plant production values were consist of thyme production. The average thyme production area was found as 45 da, and the yield obtained from the unit area was determined as 95.10 kg da⁻¹. In this research it has been determined that 10,296 seedlings, 8.93 cc pesticides, 52.34 kg of chemical fertilizers and 16.57 lt of diesel oil should be consumed to obtain an average of 95.10 kg of thyme product per unit area, while 4.49 hours of machine labor and 17.84 hours of human labor are needed. In the research carried out, the average production value of thyme production was calculated as 1.494,02 TL da⁻¹, and the highest thyme production value was obtained from the enterprises in the first group with 1.691,00 TL da⁻¹. Within the study, the average cost of thyme production per unit area was determined as 1.101,36 TL da⁻¹, and the highest production cost was realized in the first group enterprises with 1.175,83 TL da⁻¹. Considering the average of the enterprises, the gross profit of thyme production per unit area was calculated as 882.74 TL da⁻¹, the net profit was 392.66 TL da⁻¹, and the relative profit was calculated as 1.36. While the relative profit rate was very close to each other in the first (1.44) and the second (1.45) groups, the lowest relative profit was observed in the third group with 1.29. The research has shown that there is no agricultural organization related to thyme production in Denizli province. This situation limits the income that enterprises can obtain from thyme production. In addition to this, it is possible to increase the income of thyme producers in case of branding specific to the province in thyme, which is a geographically registered product.

Keywords: Thyme, Input use, Gross profit, Net profit, Relative profit, Denizli

1. Giriş

Türkiye kekik bitkisi bakımından zengin bir biyoçeşitliliğe sahip olup, kekik olarak bilinen türler *Lamiaceae* (Ballıbabagiller) familyasının cinslerinden oluşmaktadır. Türkiye’de ticareti yapılan ve yaygın olarak kullanılan kekik türlerinin tamamı *Lamiaceae* familyasına bağlı türler olup, bunlar: *Origanum*, *Thymbra*, *Coridothymus*, *Satureja* ve *Thymus*’tur (TOB, 2020).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, odun dışı orman ürünleri ve baharat gibi sınıflandırmalarda yer alan kekik bitkisi üretim ve ticaret hacmi açısından ön plana çıkan bir ürün olup, hem ülke ekonomisine katkısı hem de kırsal alanlarda yaşayan insanlar için önemli bir gelir kaynağıdır (Acıbuca ve Budak, 2018; TOB, 2020).

Bazı bölgelerde kekik bitkisinin bala katmış olduğu farklı tat ve aroma nedeniyle tüketicilerin tercih nedenleri arasında önemli bir yer alabilmektedir (Yüzbaşıoğlu, 2022). Kekik bitkisi tıbbi ve aromatik bitkiler kapsamında bitkisel çay şeklinde tüketilmektedir (Selvi ve ark., 2013). Bununla birlikte kekik bitkisi farklı alanlarda farklı amaçlarla da kullanılabilir. Gıda sektöründe kekik ekstraktının antimikrobiyal etkisinin incelenmesine yönelik araştırmalar bulunmaktadır (Özen ve Coşkun, 2014). Yapılan bir çalışmada kekiğin de aralarında yer aldığı bazı baharatların eritme peyniri içerisinde seçilmiş bazı patojen bakteriler üzerine inhibisyon etkisi incelenmiştir. Yürütülen araştırmada kekik ve nane (%3 oranında) bitkilerinin, eritme peyniri içerisindeki bakteriyi üç ay sonunda 106 kob/g dan <3 seviyesine kadar indirmediği ve en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir (Gümüş ve Bursa, 2015). Diğer bir çalışmada ise çiğ süttten yapılan Türk beyaz peynirinin olgunlaşma süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve tekstürel değişimleri üzerinde kekik ve sarımsak ekstraktı içeren salamura solüsyonlarının etkisi incelenmiştir (Sağdıç ve ark., 2017).

Türkiye’de 2021 yılında toplam 199.573 dekar alanda 21,174 ton kekik üretimi gerçekleştirmiştir. Aynı yıl itibarıyla ülke kekik üretim alanlarının %92.63’ünü ve toplam üretim miktarının %86.17’sini Denizli ili oluşturmaktadır (TÜİK, 2022a). Türkiye’de 2021 yılında 66,953,749 ABD\$ kekik ve kekik ürünleri ihracatı, 6,988,311 ABD\$ düzeyinde de kekik ve kekik ürünleri ithalatı gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022b).

Denizli ilinde 2021 yılı itibarıyla kekik üretiminde elde edilen gelir 291,920,000 TL olarak gerçekleşmiştir. Kekik üretiminden elde edilen gelirin toplam tarımsal üretim değeri içerisindeki payı %1.77 olup, bitkisel üretimdeki payı ise %3.56’dır. İl genelinde kekik üretimi, bitkisel üretim alanlarında 4. ürün olurken, üretim değeri bakımından ise 9. ürün olmuştur (TOB, 2022). Bununla birlikte “*Denizli Kekigi*” ve “*Babadağ Kekik Balı*” Denizli ilinin coğrafi işaretli ürünleri olup, kekik ve kekik ürünleri Denizli ili ile özdeşleştiği görülmektedir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022). Kekik üretimi konusunda yapılan araştırmalara ilişkin özet bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Nasr ve ark. (2011), Ürdün’de tıbbi ve aromatik bitkilerin teknik etkinliğini ve verimliliklerini ortaya koymak amacıyla 2006-2007 üretim döneminde 50 tarım işletmesinden veriler derlenmiştir. Gül ve ark. (2014), Denizli ili Merkez ve Güney ilçelerinde Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi ile belirlenen 100 işletmeden elde edilen veriler yardımıyla kekik üretimini ekonomik yönden ayrıntılı olarak incelemişlerdir.

İmami ve ark. (2015), Arnavutluk’ta 97 üretim işletmesi ile yapmış oldukları araştırmada; tıbbi aromatik bitki yetiştiriciliğinde aşırı girdi kullanımı, teknoloji ve mekanizasyon eksikliği, sulama sistemlerinin yetersizliği, hasat sonrası yönetim ve izlenebilirlik başlıca sorunlar olarak tespit edilmiştir. Aslan ve Gül (2017), Türkiye’deki toplam üretim miktarının %89.20’sini ve toplam üretim alanının %93.60’ına sahip olan Denizli ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında Denizli ilinde kekik tarımı ekonomik yönden ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Dumitru ve ark. (2020), Romanya’da yapılan çalışmada tıbbi ve aromatik bitkilerden kekik, fesleğen, lavanta ve züfa otu üretiminin ekonomik analizi yapılmıştır. Karlı ve ark. (2020), Denizli ilinde Gayeli Örneklem Yöntemi’ne göre belirlenen 58 işletmede yüz yüze yapılan anket çalışmasında kekik üretiminde bulunan tarım işletmelerinin sosyo-ekonomik yapıları incelenerek sorunları belirlenmeye çalışılmıştır.

Almansour ve Ali (2021), Suriye’de yürütülen araştırmada kekik üretiminin küçük ölçekli aile işletmeleri açısından karlı ve uygulanabilir bir yatırım olduğu ve destekleme politikalarıyla ülke genelinde yaygınlaştırılması gerektiği bildirilmiştir. Ibishi ve Musliu (2021) tarafından Kosova’da yapılan çalışmada kekik bitkisinin diğer tıbbi ve aromatik bitkiler arasında üretim alanı ve gelir açısından ekonomik yönden karşılaştırılması yapılmıştır.

Karlı ve ark. (2021), Denizli ilinde 2019 yılında Neyman Örneklem Yöntemi’ne göre belirlenen 58 adet kekik üreten tarım işletmesinde anket çalışması yapılmıştır. Khesht ve ark. (2021), İran’ın Kalat yapılan çalışmada, tıbbi

ve aromatik bitkilerin kırsal kalkınmaya olan etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kekik bitkisinin kırsal kalkınma açısından önemli bir ürün olduğu ifade edilmiştir.

Mirzoieva ve ark. (2021), Çalışmada çoğu tıbbi ve aromatik bitkinin ilk yıl yüksek girdi ihtiva ettiği bu sebeple de karlı olmadığı ancak 2. yıl ve sonrasında elde edilen gelirin arttığı böylece geleneksel ürünler yerine bu bitkilerin kullanılacağı ifade edilmiştir. Ersöz ve ark. (2022), Denizli ilinde 22 kekik üreticisi ile yüz yüze yapılan anket çalışmasında, kekik üretiminin talebi yüksek ve az işgücü gerektiren bir üretim olduğu ancak satılan ürünlerin işlenmemiş olarak piyasaya sürülmesinden dolayı yeterli düzeyde gelir sağlamadığı belirtilmiştir.

Denizli ilinde yürütülen bu çalışmada kekik üretiminde kullanılan girdiler ve ürün maliyeti işletme büyüklük grupları bazında incelenmiştir. Çalışmada kekik üretiminde; birim alanda girdi kullanımı yanında kekiğin üretim değeri, değişken masraflar, sabit masraflar, ürün maliyeti, brüt kar, net kar nispi kar hesaplamaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen işletmelerde, kekik üretiminde tespit edilen sorunlara yönelik olarak çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini, Denizli ilinde kekik üreten 82 tarım işletmesinden 2020-2021 üretim döneminde yüz-yüze anket yöntemi ile elde edilen veriler oluşturmaktadır. Yürütülen çalışmada konuyla ilgili çeşitli kurum ve kuruluşların hazırlamış oldukları yayınlar ile diğer araştırmacılar tarafından yapılmış olan araştırma sonuçları, resmi istatistikler, makale, inceleme ve tezlerden de ikincil veriler olarak yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örneklemde Kullanılan Yöntem

Araştırma kapsamında örnek hacminin belirlenmesinde, Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi kullanılmıştır. Örneğe girecek işletme sayılarının belirlenmesi aşamasında Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi'ne kayıtlı, kekik üreten tarım işletmeleri ana kütle olarak kabul edilmiştir (TOB, 2021). Yürütülen çalışmada örnek hacminin belirlenmesinde denklem 1'de gösterilen "Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi" uygulanmıştır (Yamane, 1967; Çiçek ve Erkan, 1996). Örnek hacminin belirlenmesinde %99 güven aralığı ve %1 hata payı sınırları içerisinde çalışılmıştır. Örneklem çalışması sonucunda anket uygulanacak işletme sayısı 82 adet olarak belirlenmiştir.

$$n = \frac{NS^2t^2}{(N-1)d^2 + S^2t^2} \quad (\text{Eş. 1})$$

$$D^2 = \left(\frac{d}{t}\right)^2 \quad (\text{Eş. 1.a})$$

Formül 1'e göre;

n=Örnek Hacmi, N=Örneklem Çerçevesinde Ait Toplam Birim Sayısı, S=Standart Sapma, t=Güven Sınırı

d=Kabul Edilebilir Hata.

Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi formülünde;

Ortalama kekik üretim alanı = 24.38 da ve ortalama kekik üretim alanı varyansı (S^2) = 73.98, N = 4844, N-1 = 4843, $t_{(0.01)} = 2.58$, $t^2 = 6.66$, $d = 2.44$, $d^2 = 5.94$ olarak dikkate alınmıştır.

Tabakalarda yer alacak işletmelerin belirlenmesinde; tabaka içindeki işletmelere ait standart sapma ve varyasyon katsayıları (C.V.) dikkate alınmıştır. Varyasyon katsayısı Denklem 2'deki gibi hesaplanmaktadır (Oğuz ve Karakayacı, 2017).

$$C.V. = \frac{s}{\bar{x}} \quad (\text{Eş. 2})$$

Denklem 2'de; C.V., varyasyon katsayısını, S, standart sapmayı ve \bar{X} ise ortalamayı ifade etmektedir. Örnek hacmin tabakalara dağıtılmasında Denklem 3 kullanılmış olup, tabakalar belirlenirken C.V. katsayıları da göz önüne alınmıştır.

$$n = \frac{(N_h * S_h) * n}{\sum(N_h * S_h)} \quad (\text{Eş. 3})$$

Denklem 3 yardımıyla işletmeler; 30.00 dekar ve altı, 30.01-59.99 dekar arası ve 60.00 dekar ve üzeri olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Birinci grupta yer alan işletmelerin C.V. değeri %28.99, ikinci grupta yer alan işletmelerin %15.63 ve üçüncü grupta yer alan işletmelerin %27.01 bulunmuştur. Tabakaların homojen dağılımı tespit edildikten sonra her bir gruba giren örnek sayıları (n_h), denklem 4 yardımıyla bulunmaktadır.

$$n_h = \frac{N_h}{N} * \left(\frac{n}{\sum N_h * S_h} \right) \quad (\text{Eş. 4})$$

Yapılan hesaplamada; birinci grupta 35 adet (30 da altı işletmeler), ikinci grupta 26 adet (30.01 da – 59.99 da arası işletmeler) ve üçüncü grupta 21 adet (60 da ve üzeri işletmeler) olmak üzere toplam 82 adet işletme yer almıştır.

2.2.2. Kekik Üretim Maliyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Kekik bitkisi ve diğer çok yıllık ürünlerde maliyet hesaplanması yapılırken tesis dönemi ve üretim dönemi olmak üzere iki dönem dikkate alınmaktadır. Kekik üretiminde tesis dönemi masrafları hesaplanırken altta verilen masraf unsurları dikkate alınmıştır. (USDA, 1976; Kadlec, 1985; Kıral ve ark., 1999).

- (A) Tesis Dönemi Değişken Masrafları:
 - I. Toprak Hazırlığı ve Dikim Masrafları: Derin Sürüm, İnkileme, Üçleme, Taş Toplama, Çiftlik Gübresi Çekigücü Masrafı, Çiftlik Gübresi Atım İşçiliği, Fide Dikimi + Can Suyu Çekigücü Masrafı, Fide Dikimi + Can Suyu İşçiliği
 - II. Çeşitli Girdilere Ait Masrafları: Kekik Fidesi, Çiftlik Gübresi
- (B) Tesis Dönemi Sabit Masrafları: Yönetim Giderleri (%3), Çıplak Arazi Değeri Faizi (%5), Yatırımın Cari Yıl Faiz Değeri (%5), Beklenmeyen Giderler (%5)
- (C) Tesis Dönemi Toplam Masrafları: (A+B)

Kekik üretiminde üretim dönemi masrafları hesaplanırken altta verilen masraf unsurları dikkate alınmıştır (USDA, 1976; Kadlec, 1985; Kıral ve ark., 1999; Gül ve ark., 2014; Karlı ve ark., 2021).

- (D) Üretim Dönemi Değişken Masrafları:
 - I. Bakım Masrafları: Gübreleme (makine) Çekigücü Masrafı, Gübreleme (makine) İşçiliği, Gübreleme (elle) İşçiliği, Çapalama (mazotlu makine) Çekigücü Masrafı, Çapalama (benzinli makine) Çekigücü Masrafı, Çapalama (elle) İşçiliği, Yaprak Gübreleme Çekigücü Masrafı, Yaprak Gübreleme İşçiliği, İlaçlama (Herbisit) Çekigücü Masrafı, İlaçlama (Herbisit) İşçiliği
 - II. Hasat Masrafları: Hasat (makine) Çekigücü Masrafı, Hasat (elle) İşçiliği, Harman (patoz) Çekigücü Masrafı, Harman (patoz) İşçiliği, Çuvallama İşçiliği, Yükleme + Taşıma Çekigücü Masrafı, Yükleme + Taşıma İşçiliği
 - III. Çeşitli Girdilere Ait Masraflar: Çuval Masrafı
 - IV. Gübre ve Zirai İlaç Masrafları: Taban Gübresi, Üst Gübresi, Yaprak Gübresi, Zirai Mücadele İlacı (Herbisit)
 - V. Döner Sermaye Faizi (%8.50)
- (E) Üretim Dönemi Sabit Masrafları: Genel İdare Giderleri (%3), Arazi Kirası, Ürün Sigortası, Beklenmeyen Giderler (%5), Tesis Dönemi Masraflarının Amortisman Payı, Tesis Dönemi Sermaye Faizi
- (F) Üretim Dönemi Toplam Masrafları (D+E)

Araştırmaya dâhil olan işletmelerde, kekik üretiminde işçilik masraflarının hesaplanmasında, yörede yabancı işçilere yevmiye usulü ödenen ücretler dikkate alınmıştır. Çekigücü masrafının belirlenmesinde ise üreticinin kendi makinesini kullanması durumunda, alternatif maliyet prensibi uygulanarak, araştırma alanında geçerli olan birim arazi işleme ücretleri dikkate alınmıştır. Yürütülen araştırmada toprak hazırlığı, fide ve dikim işlemleri tesis dönemi değişken masraflar içerisinde yer alırken, çapalama, gübre ve gübreleme, ilaç ve ilaçlama, hasat ve taşıma masrafları üretim dönemi değişken masrafları içerisinde yer almaktadır (Kıral ve ark., 1999).

Yönetim giderleri, beklenmeyen giderler, çıplak arazi değeri faizi ve yatırımın cari yıl faiz değeri tesis döneminin sabit masraf kalemlerini oluşturmaktadır. Yönetim giderleri masraflı toplam masrafların %3'ünü oluştururken, beklenmeyen giderler ve yatırımın cari yıl faiz değeri ise toplam masrafların %5'i baz alınarak hesaplanmıştır. Çıplak arazi değeri faizi, arazi değerinin %5'i veya arazinin kira değeri dikkate alınarak hesaplanmıştır (Kıral ve ark., 1999).

Arazi kirası, yönetim giderleri, döner sermaye faizi, beklenmeyen giderler, tesis dönemi masraflarının amortisman payı ve tesis dönemi sermaye faizi ise üretim dönemi sabit masraf kalemlerini oluşturmaktadır. Döner sermaye faizi, T.C. Ziraat Bankasının 2021 yılında bitkisel üretime uyguladığı yıllık faiz oranından sübvansiyon kısmı düşüldükten sonra geriye kalan %17 faiz oranının yarı değeri alınıp değişen masraflarla çarpılması ile hesaplanmıştır. Yönetim giderleri masraflı toplam masrafların %3'ü, beklenmeyen giderler ise %5'i alınarak hesaplanmıştır (Kıral ve ark., 1999).

Kekik bitkisi çok yıllık bir bitki olup, ortalama ekonomik ömrü 7 yıl olarak kabul edilmektedir (TOB, 2020). Kekik üretiminde ilk yıl tesis dönemi ile geçmektedir. Ancak kekik ilk yılında ürün verdiği için hem tesis dönemi hem de üretim dönemi girdi kullanımı ve masrafları birlikte yapılmaktadır. Sonraki yıllarda ise sadece üretim döneminde girdi kullanımı ve masrafları dikkate alınmıştır. Bundan dolayı tesis döneminde yer alan masraflar üretim dönemi içerisine yansıtacak şekilde amortisman payı ve sermaye faizi olarak sabit masraflar kaleminde gösterilmektedir (Kıral ve ark., 1999; Gül ve ark., 2014; Karlı ve ark., 2021). Buna göre, tesis dönemi masraflarının amortisman payı denklem 5'de, tesis dönemi sermaye faizi ise denklem 6'da yer alan formüllerde belirtilmiştir (Kıral ve ark., 1999).

$$\text{Tesis Dönemi Masraflarının Amortisman Payı} = [(\text{Değişen Masraflar Toplamı} + \text{Sabit Masraflar Toplamı}) / \text{Ekonomik Ömür (7 Yıl)}] \quad (\text{Eş. 5})$$

$$\text{Tesis Dönemi Sermaye Faizi} = [(\text{Toplam Tesis Dönemi Masrafları} / 2) * \%5] \quad (\text{Eş. 6})$$

Genel masraflar toplamı (üretim maliyeti) ise sabit ve değişken masrafların toplanması ile bulunmuştur (Kıral ve ark., 1999). Çalışmada brüt kar, gayrisafi üretim değerinden (GSÜD), değişken masrafların çıkarılması sonucu elde edilirken, net kar, gayrisafi üretim değerinden (GSÜD) toplam masrafların çıkarılması ile elde edilmiştir (Açıl ve Demirci, 1984). Toplam masraflar ise değişken ve sabit masrafların toplanması ile hesaplanmaktadır (Kıral ve ark., 1999).

Yürütülen araştırmada tek bir üretim dalı değerlendirildiği için brüt kâr ve net kâr hesapları yapılırken kekik üretim değeri (ÜD), dikkate alınmıştır. Kekik üretim değeri (ÜD), ürünün verimi (kg/da) ile ürünün birim satış fiyatının (TL/kg) çarpılması ile elde edilmiştir. Kekik üretim değerinin, üretim masraflarına bölünmesiyle nispi kârlılık (fayda/masraf oranı) bulunmuştur. Yapılan çalışmada elde edilen bulguların, benzer bulgular ile karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için bazı veriler TL değerinden ABD\$ değerine çevrilmiştir. Bu bağlamda çalışmada 1,00 ABD\$ = 8,5148 TL kur oranı üzerinden işlem yapılmıştır (TCMB, 2021).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. İşletme Yöneticilerinin Özellikleri

İncelenen işletme sahiplerinin yaş ortalaması 53.65 yıl, çiftçilik tecrübesi 28.56 yıl ve kekik üretimindeki tecrübesi 16.30 yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre işletme yöneticilerinin işletme büyüklükleri arttıkça yaş ortalaması, çiftçilik tecrübesi ve kekik üretimindeki deneyim sürelerinin azaldığı anlaşılmaktadır (Tablo 1).

Denizli ilinde kekik üreten tarım işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısını inceleyen bir çalışmada kekik üreticilerinin yaş ortalaması 51.47 yıl, çiftçilik deneyimi 25.57 yıl, kekik üretim deneyimi ise 17.05 yıl olarak hesaplanmıştır (Karlı ve ark., 2020). Yine başka bir çalışmada ise kekik üreticilerinin yaşı 48.01 yıl, çiftçilik deneyimi 28.10 yıl ve kekik üretim deneyimi 8.79 yıl olarak bulunmuştur (Aslan ve Gül, 2017). İncelenen işletmelerde üreticilerin %60.98'i ilköğretim mezunu iken, %20.73'ü ortaokul ve %18.29'u lise mezunudur. Üreticilerin ortalama eğitim süresi 6.72 yıl olarak tespit edilmiştir. İşletme büyüklükleri arttıkça eğitim seviyesinde de artış olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 1. İşletme sahiplerinin yaş ve mesleki tecrübe durumu

Table 1. Age and professional experience of farm business owners'

İşletme Grupları	Frekans	Yaş Ortalaması (Yıl)	Çiftçilik Tecrübesi (Yıl)	Kekik Üretim Tecrübesi (Yıl)
1	35	56.06	29.46	16.89
2	26	53.04	28.35	16.31
3	21	50.38	27.33	15.33
Toplam	82	53.65	28.56	16.30

Tablo 2. İşletme sahiplerinin eğitim durumu

Table 2. Educational status of farm business owners'

Eğitim Seviyesi	1. Tabaka		2. Tabaka		3. Tabaka		Genel Toplam	
	Frekans	Payı (%)	Frekans	Payı (%)	Frekans	Payı (%)	Frekans	Payı (%)
İlkokul	27	77.14	13	50.00	10	47.62	50	60.98
Ortaokul	5	14.29	7	26.92	5	23.81	17	20.73
Lise	3	8.57	6	23.08	6	28.57	15	18.29
Toplam	35	100.00	26	100.00	21	100.00	82	100.00

Denizli ilinde yapılan bir çalışmada kekik üreticilerinin ortalama eğitim süresi 5.92 yıl olarak tespit edilmiştir (Gül ve ark., 2014). Aynı çalışmada benzer şekilde üreticilerin büyük çoğunluğunun ilkökul ve ortaokul seviyesinde eğitime sahip oldukları tespit edilmiştir.

3.2. İşletmelerin Tarımsal Faaliyetleri

İncelenen işletmelerde tarımsal üretimden elde edilen toplam gelir 9.131.982,15 TL'dir. Bu değer %60.57'sini kekik üretimi, %21.40'ını diğer bitkisel ürünlerden elde edilen üretim değerleri ve %18,03'ünü hayvancılıktan elde edilen üretim değerleri oluşturmaktadır. Denizli ilinde yapılan benzer bir çalışmada işletmeler gelirlerin %62.52'sini kekik, %21.59'unu hayvancılık ve %15.89'unu diğer bitkisel ürün gruplarından sağlamışlardır (Karlı ve ark., 2021).

3.3. Bitkisel Üretim Faaliyetleri

İncelenen işletmelerde 5.630,70 da alanda bitkisel üretim yapılmaktadır. Üretim deseninde %65.54 ile kekik üretimi ilk sırada yer alırken, bunu %12.38 ile buğday ikinci sırada, %6.39 ile arpa üçüncü sırada, %4.23 ile adaçayı dördüncü sırada ve %2.89 ile bağcılık beşinci sırada takip etmektedir. Yapılan çalışmada işletmelerin kekik üretiminde ortalama parsel sayısı 2.61 adet, işletme başına ortalama kekik üretim alanı ise 45 da olarak belirlenmiştir. Denizli ilinde kekik maliyetlerinin incelendiği bir çalışmada ortalama işletme büyüklüğü 53.93 da olarak tespit edilmiştir (Karlı ve ark., 2021).

Denizli ilinde yürütülen diğer bir çalışmada işletme başına düşen toplam üretim alanının %81.69'unu kekik, %8.95'ini ceviz, %3.68'ini hububat, %2.59'unu adaçayı ve %1.18'ini zeytin oluşturmaktadır (Karlı ve ark., 2020). Yine Denizli ilinde yapılan başka bir çalışmada kekik üretim alanının toplam üretim alanından aldığı pay %48.48 olarak tespit edilmiştir (Aslan ve Gül, 2014). Arnavutluk'ta tıbbi ve aromatik bitkilerin yaygın olarak yetiştirildiği Shkodër Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada 3.361 ha bitkisel üretim alanının, 122 hektarında (%3.63) kekik tarımı yapıldığı saptanmıştır (İmami ve ark., 2015).

Yürütülen araştırmada incelenen işletmelerin bitkisel üretim faaliyetleri sonucu elde ettikleri üretim değeri 7.485.482,15 TL olarak bulunmuştur. Toplam üretim değerinde en büyük payı %73.89 ile kekik üretimi almaktadır. Kekik üretimi üzerine yapılan benzer bir çalışmada işletmelerin elde ettikleri toplam tarımsal üretim değerinin %42.20'sini kekik, %29.90'ını hayvancılık, %17.20'sini tarla ürünleri, %10.20'sini meyve üretimi ve %0.50'sini sebze üretiminden karşılamaktadır (Aslan ve Gül, 2014).

3.4. Kekik Üretim Faaliyetleri

İncelenen işletmelerde 2021 yılında 3.690,20 dekar alanda, 350.921,24 kg kekik ürünü elde edilmiş olup, ortalama kekik verimi 95.10 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte işletme büyüklüğü arttıkça verimde azalma görüldüğü tespit edilmiştir. İşletmeler geneli dikkate alındığında ise işletme başına düşen ortalama kekik üretim alanı 45 da olup, bu alanda 4.279,53 kg kekik ürünü elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. İşletmelerde kekik üretim bilgileri

Table 3. Thyme production information in agricultural enterprises

Tabakalar	İşletme Sayısı (Adet)	Üretim Alanı (da)	İşletme Başına Düşen Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (kg)	İşletme Başına Düşen Üretim Miktarı (kg)	Verim (kg da ⁻¹)
1	35	701,70	20.05	75.480,28	2.156,58	107.57
2	26	1.115,50	42.90	114.640,41	4.409,25	102.77
3	21	1.873,00	89.19	160.800,55	7.657,17	85.85
Toplam	82	3.690,20	45.00	350.921,24	4.279,53	95.10

2019 yılı üretim döneminde Denizli ilinde yapılan bir çalışmada kekik üretiminde ortalama işletme büyüklüğü 53.93 da olup, kekik verimi 144.28 kg da⁻¹ gerçekleşmiştir. Ayrıca işletme büyüklükleri arttıkça verimde düşüş yaşandığı tespit edilmiştir (Karlı ve ark., 2021). Romanya’da yapılan bir çalışmada ise kekik verimi 1.300 kg da⁻¹ olarak saptanmıştır (Dumitru ve ark., 2020). TÜİK 2021 yılı verilerine göre, Denizli ilinde kekik verimi dekar başına 98.69 kg olarak ölçülmüştür (TÜİK, 2022). İncelenen işletmelerde kekik üretiminde verim, ürün satış fiyatı ve kekik üretim değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Kekik üretim değeri bilgileri

Table 4. Thyme production value in agricultural enterprises

Tabakalar	Verim (kg da ⁻¹)	Ürün Satış Fiyatı (TL)	Kekik ÜD (TL/İşletme)	Kekik ÜD (TL da ⁻¹)
1	107.57	15.72	1.186.550,00	1.691,00
2	102.77	15.47	1.773.487,14	1.589,85
3	85.85	16.00	2.572.808,80	1.373,60
Toplam	95.10	15.71	5.512.972,68	1.494,02

2021 yılında incelenen işletmelerde kekik ürününe ait üretim değeri; ortalama 15.71 TL kg⁻¹ ürün satış fiyatıyla toplam 5.512.972,68 TL olup, işletme ortalaması dekar başına 1.494,02 TL olarak hesaplanmıştır. İşletme büyüklük gruplarına göre üretim değerleri incelendiğinde, en yüksek üretim değeri birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük üretim değeri üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir. Buna ek olarak üretim değerinin elde edilmesinde verim miktarı ve ürün satış fiyatının etkili olduğu görülmektedir (Tablo 4).

3.5. Kekik Üretiminde Girdi Kullanımı ve Maliyet Analizi

Yapılan araştırmada kekik üretim alanları dikkate alınarak oluşturulan 3 büyüklük grubunda girdi kullanımı değerlendirilmiştir. Her gruba ait veriler kendi içinde incelenmiştir. Birinci grupta 30 dekar ve altında kekik üretimi yapan 35 adet işletme bulunmaktadır (Tablo 5).

Birinci grupta yer alan işletmeler tarafından toprak hazırlığı ve fide dikim işlemleri ile geçen tesis döneminde toplam 2.72 sa da⁻¹ işgücü ve 2.49 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmıştır. Çalışma alanında fide dikimi işlemi bütün dikiminde kullanılan alet ve ekipmanlarla yapılmakta olup hem işgücü hem de çekigücüne gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle toplam işgücünün %47.02’sini fide dikimi ve beraberinde uygulanan can suyu verme işlemi oluşturmaktadır. Ayrıca dekara 10.282,93 adet fide kullanılmıştır. Yine tesis döneminde toplam yakıtın %38.45’ini derin sürüm, %23.27’sini ise fide dikimi ve can suyunda harcanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. 1. Grupta yer alan işletmelerin birim alana girdi kullanım miktarlarıTable 5. Input usage amounts per unit area of enterprises in the 1st group

Üretim İşlemleri	İşlem Sayısı	Harcanan İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)		Materyal (kg-cc-lt-adet da ⁻¹)	Cinsi
		İşgücü	Çekigücü		
Tesis Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(A) Toprak Hazırlığı ve Dikim					
Derin Sürüm	1-2	37.61	34.57	4.66	Mazot (lt da ⁻¹)
İkileme	1	15.67	14.13	1.89	Mazot (lt da ⁻¹)
Üçleme	1	5.26	4.67	0.64	Mazot (lt da ⁻¹)
Taş Toplama	1	28.02	26.41	2.11	Mazot (lt da ⁻¹)
Fide Dikimi + Can Suyu	1	76.83	69.84	2.82	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		163.39	149.61		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
Üretim Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(B) Bakım İşleri					
Gübreleme (makine)	2-3	6.85	5.62	0.25	Mazot (lt da ⁻¹)
Gübreleme (elle)	1-2	11.37	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Çapalama (makine)	1-2	24.20	22.12	0.82	Mazot (lt da ⁻¹)
Çapalama (makine)	1-2	23.47	21.45	0.51	Benzin (lt da ⁻¹)
Çapalama (elle)	1-2	776.39	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Yaprak Gübreleme	1	1.03	0.95	0.04	Mazot (lt da ⁻¹)
İlaçlama (Herbisit)	1	2.88	2.44	0.08	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		846.18	52.59		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
(C) Hasat					
Hasat (makine)	1	22.32	20.66	1.68	Mazot (lt da ⁻¹)
Hasat (elle)	1	75.10	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Toplama (elle)	1	20.35	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Harman	1	13.87	12.34	0.71	Mazot (lt da ⁻¹)
Çuvallama (elle)	1	16.52	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Taşıma (Nakliye)	1	32.69	28.71	0.12	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		180.85	61.71		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
Çeşitli Girdiler					
Fide				10.282,93	adet da ⁻¹
Çuval				1.96	adet da ⁻¹
Gübre ve Zirai İlaç Girdileri					
Taban Gübresi	1			25.90	kg da ⁻¹
Üst Gübresi	1-2			26.45	kg da ⁻¹
Yaprak Gübresi	1			12.57	cc da ⁻¹
Zirai Müc. İlc. (Herbisit)	1			4.41	cc da ⁻¹

Üretim dönemi içerisinde yer alan bakım masraflarında gübreleme ve çapalama işlemlerinin hem makine hem de elle yapıldığı görülmekte olup, toplam 14.10 sa da⁻¹ işgücü ve 0.88 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmıştır. Kullanılan toplam işgücünün %91.75'ini elle yapılan çapalama işlemi oluşturmaktadır. Üretim dönemi içerisinde yer alan hasat işlemleri hem makine hem de işgücü ile yapıldığı görülmektedir, toplama ve çuvallama işlemleri elle yapılmaktadır. Hasat işlemleri sırasında toplam 3.02 sa da⁻¹ işgücü ve 1.03 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmıştır. Kullanılan işgücünün %41.53'ünü elle yapılan hasat işlemi oluşturmuştur. Biçimi yapılan kekikler kurutulup toplandıktan sonra harmanlama işleminden geçirilir ve çuvallanır. Çuvallama işleminde ise dekara 1.96 adet çuval kullanılmıştır (Tablo 5).

Tablo 6. 2. grupta yer alan işletmelerin birim alana girdi kullanım miktarları

Table 6. Input usage amounts per unit area of enterprises in the 2nd group

Üretim İşlemleri	İşlem Sayısı	Harcanan İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)		Materyal (kg-cc-lt-adet da ⁻¹)	Cinsi
		İşgücü	Çekigücü		
Tesis Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(A) Toprak Hazırlığı ve Dikim					
Derin Sürüm	1-2	37.47	34.68	4.24	Mazot (lt da ⁻¹)
İkileme	1	16.74	15.05	2.02	Mazot (lt da ⁻¹)
Üçleme	1	5.99	5.47	0.69	Mazot (lt da ⁻¹)
Taş Toplama	1	28.94	27.60	2.11	Mazot (lt da ⁻¹)
Fide Dikimi + Can suyu	1	72.71	67.30	2.84	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		161.85	150.10		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
Üretim Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(B) Bakım İşleri					
Gübreleme (makine)	2-3	7.50	6.57	0.28	Mazot (lt da ⁻¹)
Gübreleme (elle)	1-2	4.39	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Çapalama (makine)	1-2	19.63	17.73	0.75	Mazot (lt da ⁻¹)
Çapalama (makine)	1-2	35.83	32.93	0.55	Benzin (lt da ⁻¹)
Çapalama (elle)	1-2	691.21	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Yaprak Gübreleme	1-4	1.45	1.34	0.07	Mazot (lt da ⁻¹)
İlaçlama (Herbisit)	1	2.53	2.32	0.09	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		762.54	60.88		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
(C) Hasat					
Hasat (makine)	1	23.98	22.35	1.92	Mazot (lt da ⁻¹)
Hasat (elle)	1	15.06	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Toplama (elle)	1	17.49	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Harman	1	12.21	10.87	0.68	Mazot (lt da ⁻¹)
Çuvallama (elle)	1	13.53	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Taşıma (Nakliye)	1	29.44	26.19	0.12	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		111.72	59.41		İşg. ve Ç.gücü (dk da ⁻¹)
Çeşitli Girdiler					
Fide				10.140,47	adet da ⁻¹
Çuval				1.87	adet da ⁻¹
Gübre ve Zirai İlaç Girdileri					
Taban Gübresi	1			22.53	kg da ⁻¹
Üst Gübresi	1-2			27.03	kg da ⁻¹
Yaprak Gübresi	1-4			25.44	cc da ⁻¹
Zirai Müc. İlc. (Herbisit)	1			5.15	cc da ⁻¹

İşletmeler ortalama 2-3 sefer gübreleme yapmakta olup, bir defa taban gübresi uyguladıktan sonra bir veya iki defa üst gübresi atmaktadırlar. Birinci grupta yer alan işletmeler dekara 25.90 kg taban gübresi ve 26.45 kg üst gübresi kullanmakta olup, bu kullanım sonucunda dekara 11.81 kg saf azot, 7.76 kg saf fosfor ve 1.12 kg saf potasyum düşmektedir. Bunun yanı sıra işletmeler 12.57 cc da⁻¹ yaprak gübresi kullanırken, yabancı ot ilacı (herbisit) dışında başka zirai mücadele ilacı kullanılmamakta olup, dekara 4.41 cc herbisit uygulanmıştır (Tablo 5). İkinci grup işletmelerde 26 adet kekik üreten işletme yer almakta olup, bu işletmelerin arazi genişlikleri 30.01-59.99 da arasında değişmektedir (Tablo 6).

Tablo 7. 3. grupta yer alan işletmelerin birim alana girdi kullanım miktarları

Table 7. Input usage amounts per unit area of enterprises in the 3rd group

Üretim İşlemleri	İşlem Sayısı	Harcanan İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)		Materyal (kg-cc-lt-adet da ⁻¹)	Cinsi
		İşgücü	Çekigücü		
Tesis Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(A) Toprak Hazırlığı ve Dikim					
Derin Sürüm	1-2	34.79	31.81	4.43	Mazot (lt da ⁻¹)
İkileme	1	13.86	12.41	1.75	Mazot (lt da ⁻¹)
Üçleme	1	5.91	5.32	0.87	Mazot (lt da ⁻¹)
Taş Toplama	1	34.76	32.69	2.79	Mazot (lt da ⁻¹)
Fide Dikimi + Can suyu	1	73.23	68.09	2.97	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		162.54	150.32		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
Üretim Dönemi Girdi Kullanım ve Uygulamaları					
(B) Bakım İşleri					
Gübreleme (makine)	2-3	9.61	8.42	0.33	Mazot (lt da)
Gübreleme (elle)	0	0.00	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Çapalama (makine)	1-2	34.28	31.19	1.37	Mazot (lt da)
Çapalama (makine)	1-2	28.12	25.96	0.36	Benzin (lt da)
Çapalama (elle)	1-2	521.51	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Yaprak Gübreleme	1-3	1.54	1.43	0.06	Mazot (lt da)
İlaçlama (Herbisit)	1	3.24	2.91	0.13	Mazot (lt da)
Toplam		598.30	69.91		İşgücü ve Çekigücü (dk da)
(C) Hasat					
Hasat (makine)	1	24.76	23.05	1.75	Mazot (lt da ⁻¹)
Hasat (elle)	1	15.70	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Toplama (elle)	1	18.04	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Harman	1	11.20	9.72	0.61	Mazot (lt da ⁻¹)
Çuvallama (elle)	1	13.93	0.00		İşgücü (dk da ⁻¹)
Taşıma (Nakliye)	1	33.30	30.02	0.10	Mazot (lt da ⁻¹)
Toplam		116.92	62.79		İşgücü ve Çekigücü (dk da ⁻¹)
Çeşitli Girdiler					
Fide			10.471,17		adet da ⁻¹
Çuval			1.56		adet da ⁻¹
Gübre ve Zirai İlaç Girdileri					
Taban Gübresi	1			22.55	kg da ⁻¹
Üst Gübresi	1-2			24.77	kg da ⁻¹
Yaprak Gübresi	1-3			26.47	cc da ⁻¹
Zirai Müc. İlc. (Herbisit)	1			6.90	cc da ⁻¹

Üçüncü grupta yer alan işletmelerin tesis döneminde toplam 2.71 sa da⁻¹ işgücü ve 2.51 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmıştır. Toplam işgücünün %45.05'sini fide dikimi ve can suyu verme işlemi oluşturmaktadır. Toplam yakıt tüketiminin %34.58'ini derin sürüm, %23.19'unu fide dikimi ve can suyu oluştururken, %21.78'i ise taş toplama işleminde harcanmıştır. Tesis döneminde dekara 10.471,17 adet fide dikimi yapılmıştır (Tablo 7). Üretim dönemi içerisinde bakım işlemleri için 9.97 sa da⁻¹ işgücü ve 1.17 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmıştır. Bakım işlemlerinde toplam işgücünün %87.17'sini elle yapılan çapalama işlemi oluşturmaktadır. Hasat işlemlerinde ise 1.95 sa da⁻¹ işgücü ve 1.05 sa da⁻¹ çekigücü kullanılırken, dekara 1.56 adet çuval kullanılmıştır (Tablo 7).

Üçüncü grupta yer alan işletmeler dekara 22.55 kg taban gübresi kullanırken, 24.77 kg üst gübresi kullanmışlardır. Bu kullanımda dekara 11.43 kg saf azot, 6.99 kg saf fosfor ve 1.65 kg saf potasyumun düştüğü tespit edilmiştir. İşletmeler 1-3 kez yapraktan gübre uygulamakta olup, bu kullanım 26.47 cc da⁻¹'dir. Zirai mücadele ilacı olarak kullanılan herbisit ise 6.90 cc da⁻¹'dir (Tablo 7).

Tüm işletme grupları (82 işletme) itibariyle incelendiğinde tesis döneminde toplam 2.71 sa da⁻¹ işgücü ile 2.50 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmış olup, dekara 12.41 lt mazot harcanmıştır. İşgücü kullanımının %45.39'unu fide dikimi ve akabinde verilen can suyu işlemi oluşturmaktadır. Toplam yakıt tüketiminin %35.62'sini derin sürüm, %23.37'sini fide dikimi ve can suyu verme işlemi oluşturmuştur. Ayrıca dekara 10.335,41 adet fide dikimi gerçekleştirilmiştir.

Tüm işletme grupları bazında incelendiğinde üretim döneminde toplam 13.71 sa da⁻¹ işgücü kullanılmış olup, bu işlemlerin %85.50'sini bakım işlemleri oluştururken, %15.50'sini hasat işlemleri oluşturmaktadır. Üretim döneminde toplam 2.09 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmış olup, bu işlemlerin %50.92'sini bakım işlemleri, %49.08'ini ise hasat işlemleri oluşturmaktadır. Görüldüğü üzere üretim döneminde girdi kullanımlarının önemli bir kısmını bakım işlemleri oluştururken, bunun büyük çoğunluğu işgücünde harcanmaktadır. Bakım işlemlerinde toplam işgücünün %89.38'ini elle yapılan çapalama işleminin oluşturduğu görülürken, bu oran üretim döneminde toplam işgücü kullanımının %75.53'üne tekabül etmektedir. Bunların yanı sıra hasat işlemlerinde ambalaj gideri olarak dekara 1.73 adet çuval kullanılmıştır.

Denizli ilinde kekik üretimi üzerine yapılan bir çalışmada, kekik üretimi için 31.85 sa da⁻¹ işgücü ile 1.32 sa da⁻¹ çekigücü kullanılmış olup, işletme büyüklükleri arttıkça hem işgücü hem de çekigücü kullanımının azaldığı tespit edilmiştir (Gül ve ark., 2014).

İşletmeler ortalaması verilerine göre incelenen işletmelerde bir dekar kekik üretimi için birim alanda; 23.18 kg taban gübresi, 25.77 kg üst gübresi, 23.52 cc yaprak gübresi ve 5.90 cc zirai mücadele ilacı (herbisit) kullanılmıştır. İşletmelerin yapmış olduğu gübreleme sonucunda ise dekara 11.70 kg saf azot, 6.81 kg saf fosfor ve 1.52 kg saf potasyumun düştüğü tespit edilmiştir. Gül ve ark. (2014), yaptığı çalışmada kekik üretimi için dekara 7.67 kg saf azot, 2.37 kg saf fosfor ve 0.12 kg saf potasyum kullanıldığı bildirilmiştir.

Yürütülen çalışmada fide dikimi, bakım ve hasat işlemleri sırasında yoğun işgücüne ihtiyaç duyulduğundan işletmeler yabancı işgücü kullanımına gitmektedir. İncelenen işletmelerde 1.33 sa da⁻¹ yabancı işgücü kullanılmakta olup, işletme grupları itibariyle incelendiğinde birinci grup işletmelerde 1.89 sa da⁻¹, ikinci grup işletmelerde 1.27 sa da⁻¹ ve üçüncü grup işletmelerde 1.16 sa da⁻¹ yabancı işgücü kullanımı tespit edilmiştir.

3.6.Kekik Üretim Maliyeti

Üretim döneminde ortalama birim alana toplam masraf 1.101,36 TL (129,35 ABD\$) olup, bu masrafların %55.50'sini değişken masraflar, %44.50'sini ise sabit masraflar oluşturmaktadır. Üretim döneminde yapılan değişken masraflarda en büyük payı %37.77 ile bakım masrafları alırken, bunu %30.74 ile gübre ve zirai ilaç giderleri ve %30.33 ile hasat masrafları takip etmektedir. Toplam üretim masraflarının %20.53'ünü arazi kirası, %16.62'sini tesis dönemi masraflarının amortisman payı ve %12.22'sini elle yapılan çapalama işlemi oluşturmaktadır. Sıralanan üç faaliyet üretim döneminde yapılan toplam masrafların neredeyse yarısını (%49.37) oluşturmaktadır (Tablo 8).

Gruplar itibariyle incelendiğinde üretim döneminde birim alana en yüksek kekik üretim maliyeti birinci grupta yer alan işletmelerde görülürken, en düşük maliyet ise üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 8). İncelenen işletmelerde ortalama kekik verimi 95.10 kg da⁻¹ olup, en yüksek verim birinci grup işletmelerde görülürken, işletme büyüklükleri arttıkça verimde düşüş yaşandığı tespit edilmiştir (Tablo 9). TÜİK (2022) 2021 yılı verilerine göre Türkiye'de kekik verimi 106.10 kg da⁻¹, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 144.48 kg da⁻¹, Aslan ve Gül (2014) Denizli ilindeki çalışmasında 150.03 kg da⁻¹, Çelik (2019) Hatay ilinde yapmış olduğu çalışmasında 247.22 kg da⁻¹, kekik verimi alındığı tespit edilmiştir. Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya'da yapılan çalışmada kekik üretiminde verim 1,300 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Khest ve ark. (2021) İran'da yaptıkları çalışmada 110 kg da⁻¹ verim elde edilirken, Ibishi ve Musliu (2021) Kosova'da yaptıkları çalışmada 592.40 kg da⁻¹, Almansour ve Ali (2021) tarafından Suriye'de yapılan çalışmada 1,000 kg da⁻¹ verim değeri tespit etmişlerdir.

Tablo 8. İncelenen işletmelerde kekik üretim maliyeti

Table 8. Thyme production cost in the examined enterprises

Üretim Masrafları	İşlem Sayısı	Birim Alana Masraf (TL da ⁻¹)			
		Tabakalar			Ortalama
		1	2	3	
(A) Üretim Dönemi Değişken Masraflar					
I. Bakım Masrafları					
Toplam		247.11	239.51	219.66	230.88
II. Hasat Masrafları					
Toplam		217.65	181.16	175.91	185.43
III. Çeşitli Girdi Masrafları					
Toplam		8.15	7.51	6.36	7.05
IV. Gübre ve Zirai İlaç Masrafları					
Toplam		142.48	133.77	142.84	140.03
V. Döner Sermaye Faizi (%8,50)					
Toplam Değişken Masraflar		667.69	609.71	591.07	611.28
(B) Üretim Dönemi Sabit Masraflar					
Genel İdare Giderleri (%3)		20.03	18.29	17.73	18.34
Arazi Kirası		233.29	228.08	211.90	226.16
Beklenmeyen Giderler (%5)		33.38	30.49	29.55	30.56
Tesis Dönemi Masraflarının Amortisman Payı		188.46	175.68	183.56	183.00
Tesis Dönemi Sermaye Faizi		32.98	30.74	32.12	32.02
Toplam Sabit Masraflar		508.14	483.28	474.87	490.08
(C) Üretim Dönemi Toplam Masraflar (A+B)					
		1.175,83	1.092,99	1.065,94	1.101,36

* Toplama (elle) işlemi sırasında yapılan çekigücü ve taşıma (nakliye) masraflarını ifade etmektedir.

** Toplama (elle) işlemi sırasında yapılan işgücü masraflarını ifade etmektedir.

Yapılan çalışmada ortalama kekik fiyatı 15.71 TL kg⁻¹ (1,85 ABD\$ kg⁻¹) olup, işletmeler bazında incelendiğinde en yüksek fiyata üçüncü grup işletmeler ürününü satarken, bu oran en düşük ikinci grup işletmelerde görülmüştür (Tablo 9). Karlı ve ark. (2021) Denizli ilindeki tespitlerine göre 7.04 TL kg⁻¹ (1.24 ABD\$ kg⁻¹), Gül ve ark. (2014) Denizli ilindeki çalışmasında 2.16 TL kg⁻¹, Çelik (2019) Hatay ilinde yapmış olduğu çalışmada 8.89 TL kg⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

Çalışmada elde edilen işletmeler ortalaması kekik üretim değeri 1.494,02 TL da⁻¹ (175.46 ABD\$ da⁻¹) olup, en yüksek üretim değeri birinci grup işletmelerde görülürken, bu değer en düşük üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Bu değeri; Aslan ve Gül (2014) Denizli ilindeki çalışmasında 324.60 TL da⁻¹, Çelik (2019) Hatay ilinde yapmış olduğu çalışmasında 2.197,79 TL da⁻¹, Ibishi ve Musliu (2021) Kosova'da yapılan çalışmada 71.66 Avro (€) da⁻¹, ve Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 686.45 TL da⁻¹ (121.07 ABD\$ da⁻¹) olarak hesaplanmıştır.

İncelenen işletmelerde toplam üretim maliyeti 1.101,36 TL da⁻¹ (129.35 ABD\$ da⁻¹) olup, en yüksek üretim maliyeti birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük üretim maliyeti üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Kekik üretim maliyetini Aslan ve Gül (2014) Denizli ilindeki çalışmasında 249.19 TL da⁻¹, Karlı vd. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 557.66 TL da⁻¹ (98.35 ABD\$ da⁻¹), ile elde edilen bulgudan daha düşük bulunurken, bu değer TOB (2020) tarafından kekik üretimi üzerine yayınlanan fizibilite raporunda 1.156,60 TL da⁻¹, Suriye'de Almansour ve Ali (2021) tarafından yapılan çalışmada 421.94 ABD\$ da⁻¹, Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya'da yapılan çalışmasında ise 2.669,34 Avro(€) da⁻¹ bulunmuş olup, çalışmalara ait maliyetlerin elde edilen bulgunun üzerinde değerler aldığı görülmüştür. Bunlara ek olarak Ukrayna'da kekik üretimi üzerine yapılan bir çalışmada tesis döneminin yer aldığı ilk yıl yüksek üretim maliyetleri ile karşılaşılrken, 2. yıldan itibaren üretim maliyetlerinin giderek azaldığı bildirilmiştir (Mirzoieva ve ark. 2021).

Tablo 9. Kekik üretiminde brüt kâr ve net kâr değerleri

Table 9. Gross profit and net profit values in thyme production

Gelir-Gider Özeti	Tabakalar			Ortalama
	1	2	3	
1.Verim (kg da ⁻¹)	107.57	102.77	85.85	95.10
2.Ürün Satış Fiyatı (TL kg ⁻¹)	15.72	15.47	16.00	15.71
3.Üretim Değeri (TL da ⁻¹)	1.691,00	1.589,85	1.373,60	1.494,02
4.Değişken Masraflar (TL da ⁻¹)	667.69	609.71	591.07	611.28
5.Sabit Masraflar (TL da ⁻¹)	508.14	483.28	474.87	490.08
6.Toplam Masraflar (TL da ⁻¹)	1.175,83	1.092,99	1.065,94	1.101,36
7.Kg Başına Masraf (TL kg ⁻¹)	10.93	10.64	12.42	11.58
8.Brüt Kâr (TL da ⁻¹)	1.023,31	980.14	782.53	882.74
9.Net Kâr (TL da ⁻¹)	515.17	496.86	307.66	392.66
10.Nispi Kâr	1.44	1.45	1.29	1.36

İşletmelerde kekik üretiminde toplam üretim masraflarının %55.50'sini değişken masraflar oluşturmaktadır. Bir başka ifade ile toplam 1.101,36 TL da⁻¹ (129,35 ABD\$ da⁻¹) olan üretim maliyetinin 611.28 TL da⁻¹ (71.79 ABD\$ da⁻¹) değişken masraflara aittir. En yüksek değişken masraf birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük değişken masraf üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Aslan ve Gül (2014) çalışmasında 141.36 TL da⁻¹ diğer bir ifade ile %56.70'i, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 332.76 TL da⁻¹ (58.69 ABD\$ da⁻¹) diğer bir ifade ile %59.67'si, değişken masrafların toplam masraflardan aldıkları payları oluşturmaktadır. Belirtilen oranlar bu çalışmada elde edilen bulgulara oldukça yakın seyretmektedir. Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya'da yapılan çalışmada 1.808,85 Avro(€) diğer bir ifade ile %67.80'sini oluşturduğu görülürken, çalışmanın bulgularından oransal olarak daha yüksek bir değer almaktadır. Yapılan çalışmalarda toplam masrafların içerisinde değişken masrafların almış olduğu pay sabit masraflara göre daha büyüktür.

İncelenen işletmelerde kekik üretiminde toplam üretim masraflarının %45.50'sini sabit masraflar oluşturmaktadır. Bir başka ifade ile toplam 1.101,36 TL da⁻¹ (129.35 ABD\$ da⁻¹) olan üretim maliyetinin 490.08 TL da⁻¹ (57.56 ABD\$ da⁻¹) sabit masraflara aittir. En yüksek sabit masraf birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük sabit masraf üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Aslan ve Gül (2014) çalışmasında 107.83 TL da⁻¹ diğer bir ifade ile %43.30'u, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 224.90 TL da⁻¹ (39.66 ABD\$ da⁻¹) diğer bir ifade ile %40.33'ü, sabit masrafların toplam masraflardan aldıkları payları oluşturmaktadır. Oransal olarak bakıldığında elde edilen bulgulara oldukça yakın seyretmektedir. Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya'da yapılan çalışmada 860.40 Avro(€) diğer bir ifade ile %32.20'sini oluşturduğu görülürken, çalışmanın bulgularından oransal olarak daha düşük bir değer almaktadır. Yapılan çalışmalarda toplam masrafların içerisinde sabit masrafların almış olduğu pay değişken masraflara göre daha düşüktür.

Araştırma alanında elde edilen bulgulara göre işletmeler genelinde kekik üretiminde kilogram (kg) başına maliyet 11.58 TL (1.36 ABD\$) olarak saptanmıştır. İşletme büyüklük grupları bazında en yüksek maliyet üçüncü grup işletmelerde görülürken, en düşük maliyet ikinci grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Bu değerler Aslan ve Gül (2014) Denizli ilindeki çalışmasında 1.66 TL kg⁻¹, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 3.86 TL kg⁻¹ (0.68 ABD\$ kg⁻¹), Suriye'de Almansour ve Ali (2021) tarafından yapılan çalışmada ise 0.42 ABD\$ kg⁻¹ bulunmuş olup, çalışmada elde edilen bulgu diğer çalışmalardan daha yüksek, Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya'da yapılan çalışmada elde edilen değere göre (2.05 Avro(€) kg⁻¹) daha düşük bulunmuştur.

Yapılan çalışmada işletmeler geneli itibariyle ortalama brüt kar değeri 882.74 TL da⁻¹ (103.67 ABD\$ da⁻¹) olup, en yüksek brüt kar değeri birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük brüt kar değeri üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Kekik üretimi üzerine Aslan ve Gül (2014) tarafından yapılan çalışmada 183.24 TL da⁻¹, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 353.69 TL da⁻¹ (62.38 ABD\$ da⁻¹) ile elde edilen bulgudan daha düşük bulunurken, Nasr ve ark. (2011) Ürdün'de yapılan çalışmada 647.62 ABD\$ da⁻¹,

Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya’da yapılan çalışmada ise 1.527,82 Avro(€) da⁻¹ bulunmuş olup, elde edilen bulgunun üzerinde değerler alındığı görülmüştür.

İncelenen işletmelerin kekik üretiminde ortalama net kar değeri 392.66 TL da⁻¹ (46.11 ABD\$ da⁻¹) olup, en yüksek net kar değeri birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük net kar değeri üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir (Tablo 9). Kekik üretimi üzerine Aslan ve Gül (2014) tarafından yapılan çalışmada 75.41 TL da⁻¹, Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada 128.79 TL da⁻¹ (22.71 ABD\$ da⁻¹) ile elde edilen bulgudan daha düşük, Suriye’de Almansour ve Ali (2021) tarafından yapılan çalışmada ise 538.06 ABD\$ da⁻¹, Nasr ve ark. (2011) Ürdün’de yapılan çalışmada 606.71 ABD\$ da⁻¹, Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya’da yapılan çalışmada ise 667.33 Avro(€) da⁻¹ net kar değeri bulunmuş olup, elde edilen bulgunun üzerinde değerler aldığı görülmüştür.

İncelenen işletmelerde nispi kârlılık oranı 1.36 olarak hesaplanmıştır (Açıl ve Demirci 1984). Bu değer en yüksek ikinci grup işletmelerde görülürken, en düşük üçüncü grup işletmelerde seyretmiştir. Bununla beraber birinci ve ikinci grup işletmeler arasında nispi karlılık açısından çok bir farklılık görülmezken, üçüncü grup işletmelerin diğer gruplara göre oldukça düşük düzeyde karlılıkla çalıştıkları söylenebilir (Tablo 9). Karlı ve ark. (2021) Denizli ilinde yaptıkları çalışmada nispi karlılığı 1.23, Dumitru ve ark. (2020) tarafından Romanya’da yapılan çalışmada 1.25, Aslan ve Gül (2014) tarafından yapılan çalışmada 1.30 ile elde edilen bulgudan daha düşük bulunmuş olup, Nasr ve ark. (2011) Ürdün’de ki çalışmasında 2.22, Suriye’de Almansour ve Ali (2021) tarafından yapılan çalışmada ise 2.28 ile elde edilen bulgunun üzerinde değerler aldığı görülmüştür. Genel itibariyle bakıldığında kekik üretiminin karlı bir faaliyet dalı olduğu söylenebilir.

4. Sonuç

Yürütülen araştırmanın orijinal verileri Denizli ilinde yer alan ve Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi’ne göre belirlenen 82 adet kekik üreten tarım işletmesinden elde edilmiştir. Yapılan çalışmada üreticilerin yaş ortalaması 53.65 yıl, çiftçilik tecrübesi 28.56 yıl, kekik üretim tecrübesi 16.30 yıl ve ortalama eğitim süresi 6.72 yıl olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada incelenen işletmelerde kekik üretimi toplam 3.690,20 da alanda, 95.10 kg da⁻¹ verim ile 350.921,24 kg ürün elde edilmiştir. Kekiğin ortalama satış fiyatı 15.71 TL kg⁻¹ olup, ürünün toplam değeri 5.512.972,68 TL’dir. İşletme grupları bazında kekik üretiminde ortalama işletme büyüklüğü 45.00 da, dekar başına düşen üretim miktarı 4.279,53 kg ve dekar başına üretim değeri 1.494,02 TL olarak tespit edilmiştir. En yüksek üretim değeri birinci grup işletmelerde görülürken, en düşük üretim değeri üçüncü grup işletmelerde tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında, birinci grupta yer alan işletmelerin kekik verimi 107.57 kg da⁻¹, ürün satış fiyatı 15.72 TL kg⁻¹, üretim değeri 1.691,00 TL da⁻¹, toplam üretim masrafı 1.175,83 TL da⁻¹, kg başına maliyet 10.93 TL, brüt gelir 1.023,31 TL da⁻¹, net gelir 515,17 TL da⁻¹ ve nispi kâr oranı 1.44 olarak hesaplanmıştır. İkinci grupta yer alan işletmelerin kekik verimi 102.77 kg da⁻¹, ürün satış fiyatı 15.47 TL kg⁻¹, üretim değeri 1.589,85 TL da⁻¹, toplam üretim masrafı 1.092,99 TL da⁻¹, kg başına maliyet 10.64 TL, brüt gelir 980,14 TL da⁻¹, net gelir 496.86 TL da⁻¹ ve nispi kâr oranı 1.45 olarak bulunmuştur. Üçüncü grup işletmelerin kekik verimi 85.85 kg da⁻¹, ürün satış fiyatı 16.00 TL kg⁻¹, üretim değeri 1.373,60 TL da⁻¹, toplam üretim masrafı 1.065,94 TL da⁻¹, kg başına maliyet 12.42 TL, brüt gelir 782.53 TL da⁻¹, net gelir 307.66 TL da⁻¹ ve nispi kâr oranı ise 1.29 olarak tespit edilmiştir.

İşletmeler ortalamasında kekik verim 95.10 kg da⁻¹, ürün satış fiyatı 15.71 TL kg⁻¹, üretim değeri 1.494,02 TL da⁻¹, toplam üretim masrafı 1.101,36 TL da⁻¹, kg başına maliyet 11.58 TL, brüt gelir 882.74 TL da⁻¹, net gelir 392.66 TL da⁻¹, nispi kâr ise 1.36 olarak saptanmıştır. İşletmeler geneli itibariyle nispi karlılık 1’in üzerinde olduğundan kekik üretimi kârlı bir faaliyet dalı olarak belirtilebilir. Ancak diğer gruplara nazaran üçüncü grup işletmelerde nispi kârlılık oranı daha düşük bulunmuştur.

Ekonomik ve kırsal kalkınmada turizm etkili faktörlerden birisidir. Coğrafi işarete konu olan yerel ürünler bölgenin turizm potansiyelinin gelişmesinde etkili olmaktadır. Özellikle Fransa, İspanya, İtalya gibi ülkeler birçok farklı ürününü kültürel turizm, kırsal turizm, gastronomi turizmi, eko turizm gibi faaliyetler ile tanıtımları ve bu bölgelere turist çekerek yerel ekonomiye önemli katkı sağlamaktadır. (Kan ve ark., 2012). Benzer şekilde Türkiye’de Isparta ilinde gerçekleşen “Lavanta Kokulu Köy Projesi” ile tıbbi ve aromatik bitki olan lavanta yöre için kırsal turizm ve alternatif istihdam olanaklarının sağlandığı bir marka değeri oluşturmuştur (Bozok ve Karaman, 2018). Denizli ili kekik ve kekik ürünlerinde coğrafi işaret ve elinde bulundurduğu üretim gücü dikkate alındığında benzer örneklerde olduğu gibi kırsal turizm ile marka değerlerinin oluşturulabileceği ekonomik

avantajlara yön vermelidir. Buna ek olarak kekik bitkisinin tabiat olanakları sayesinde yörede arıcılık ve bal üretimi gibi ek gelir sağlayan alternatif iş kollarının yaratılması önerilmektedir.

Kekik üretiminde sağlanacak iyi bir tarımsal organizasyon (örgütlenme) girdi maliyetlerinin düşürülmesini, fiyat istikrarını, üreticiler için güvenilir pazar koşullarının oluşmasını ve yaşanan sorunların hızlı bir şekilde çözümlenmesini kolaylaştıracaktır. Ayrıca katılımcı bir tarımsal örgütlenme kekik ve kekik ürünlerine katma değer yaratmada, değer zinciri oluşturmada, markalaşmayı ve kırsal turizm olanaklarının güçlendirilmesinde olanak sağlayacaktır. Bununla birlikte araştırma alanında kekik üretiminden daha fazla verim ve gelir elde edilebilmesi için; kekik bitkisi özelinde tarımsal örgütlenmelere önem verilmeli, alan bazlı desteklerin birim fiyatları günümüz şartlarına uygun olarak belirlenmeli, dış ticareti özendirici, rekolteyi artırıcı ve kırsal kalkınma olanaklarını güçlendirici proje, teşvik ve desteklere yer verilmelidir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilimsel Araştırma Etik Kurulu'ndan alınan 14/10/2021 tarih ve 18/15 sayılı karar izin kapsamında hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Semerci, A.; Materyal ve Metot: Semerci, A.; Veri toplama ve İşleme: Ken, E.; İstatistiki Analiz; Semerci, A., Literatür Tarama: Ken, E.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Semerci, A., Ken, E.

Kaynakça

- Acıbuca, V. ve Budak, D. B. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1): 37-44.
- Açıl, A. F. ve Demirci, R. (1984). Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:880, Ankara.
- Almansour, B. M. and Ali, G. A. (2021). Economic Analysis of Thyme (*Origanum Syriacum*) Production for Smallholder Farmers. *Second International Conference for Agricultural Science. Earth and Environmental Science*. 29-30 September 2021, Muthanna, Iraq. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/923/1/012001>
- Aslan, O. and Gül, M. (2017). Economic structure and the problems of thyme producer farms in Denizli. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 7 (1): 64-69.
- Bozok, D. ve Karaman, R. (2018). Isparta lavantasının kırsal turizm kapsamında swot analizi yöntemiyle değerlendirilmesi: Kuyucak Köyü örneği. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 8 (2): 27-33.
- Çelik, A. D. (2019). *Hatay ilinde tıbbi ve aromatik bitkiler piyasası ve geliştirilmesi imkanları*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Adana.
- Çiçek, A. ve Erkan, O. (1996). Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Yöntemleri. GOP Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: Tokat.
- Dumitru, E. A., Berevoianu, R. L., Muscalu, A. and Tudora, C. (2020). Estimating the Economic Efficiency of Medicinal Crops. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 20(3): 223-228.
- Ersöz, A. T., Özav, L. and Yasak, Ü. (2022). The Status and Future of Thyme in Denizli from the Perspective of Sustainable Agriculture. *International Research in Social, Human and Administrative Sciences II, Eğitim Yayınevi*. 7-25.
- Gül, M., Aslan, O. and Siriki, B.S. (2014). Determining the costs, production inputs and profit of thyme production enterprises in Denizli province of Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(4): 562-569.
- Gümüş, T. ve Bursa, A. İ. (2015). Eritme peynirinde bazı patojen bakteriler üzerine farklı baharatların inhibisyon etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(3): 18-26.
- Ibishi, L. and Musliu, A. (2021). Impact of MAPs on improving the socio-economic situation of rural families in Kosovo. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 115(2): 39-50.
- Imami, D., Ibrahliu, A., Fasllia, N., Gruda, N. and Skreli, E. (2015). Analysis of the medicinal and aromatic plants value chain in Albania. *Gesunde Pflanzen*, 67(4): 155-164.
- Kadlec, J. E. (1985). Farm Management: Decisions, Operation, Control. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kan, M., Gülçubuk, B. ve Küçükçongar, M. (2012). Coğrafi işaretlerin kırsal turizmde kullanıma olanakları. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2012(1): 93-101.
- Karlı, B., Demir, Z. ve Dalgıç, A. (2020). Denizli İlinde kekik üretimi yapan işletmelerin sosyo-ekonomik yapısı ve sorunları. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 151-160.
- Karlı, B., Demir, Z., Gül, M. and Kadakoğlu, B. (2021). Economic analysis of thyme production: A case study of Denizli Province, Turkey. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 5(1): 59-64.
- Khesht, M. A., Jafari, H. and Alizadeh, K. (2021). The Impact of cultivation of medicinal plants on the economic income of rural settlements case study of Kalat City Villages. *Propósitos y Representaciones*, 9(SPE2): 957.
- Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F. F., Fidan, H. ve Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal Ürünler için Maliyet Hesaplama Metodolojisi ve Veri Tabanı Rehberi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları: Ankara.
- Mirzoieva, T., Chupriak, A., Avramchuk, B., Heraimovych, V., Ilkiv, L. (2021). Economic assessment of the production potential of medicinal plants in Ukraine. *E3S Web of Conferences (Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2021) -Crop Production-)*, Moscow Region State University, April 28-30, Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128403003>
- Nasr, R. E., Yousef, M. A. and Tadros, M. J. (2011). Technical efficiency of medicinal and herbal plant farms in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 508-517.
- Oğuz, C. ve Karakayacı, Z. (2017). Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Metodolojisi. Atlas Akademi Yayınları: Konya.
- Özen, F. ve Çoşkun, F. (2014). Bitkisel ekstrakt kullanımının Tekirdağ köftesinin mikrobiyolojik ve duysal özellikleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3): 100-109.
- Sağdıç, O., Cankurt, H., Törmük, F. and Arıcı, M. (2017). Effect of thyme and garlic aromatic waters on microbiological properties of raw milk cheese. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 14(2): 22-33.
- Selvi, S., Dağdelen, A. ve Kara, S. (2013). Kazdağlarından (Balıkesir-Edremit) toplanan ve çay olarak tüketilen tıbbi ve aromatik bitkiler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 26-33.

- TCMB (2021). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. Döviz Kurları. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari> (Erişim Tarihi: 28.09.2022).
- TOB (2020). Tarım ve Orman Bakanlığı. Kekik Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/Projeler/Kekik+Fizibilite+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf> (Erişim Tarihi: 07.06.2022)
- TOB (2021). Tarım ve Orman Bakanlığı. Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ÇKS Kayıtları.
- TOB (2022). Tarım ve Orman Bakanlığı. Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2022 Yılı Brifing Raporu.
- TÜİK (2022a). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- TÜİK (2022b). Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret.zul?param1=25¶m2=0&sitcrev=0&isicrev=0&sayac=5802> (Erişim Tarihi: 16.08.2022).
- Türk Patent ve Marka Kurumu (2022). <https://ci.turkpatent.gov.tr/veri-tabani> (Erişim Tarihi: 19.12.2022).
- USDA (1976). Costs of Producing Selected Crops In The US, Washington.
- Yamane, T. (1967). Elementary Sampling Theory. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice- Hall, Inc., 405 pp. USA.
- Yüzbaşıoğlu, R. (2022). Bireylerin bal tüketimi ve yöresel ürün olan zara balı tercih nedenleri (Sivas İli Merkez İlçe Örneği). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 16-27.

Observance of Agronomic and Nutritive Profile of Some Silage Corn Hybrids in Central Anatolian Region of Turkey


Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesinde Bazı Silajlık Mısır Hibritlerinin Tarımsal ve Besin Profilinin Gözlenmesi

Ugur OZKAN^{1*}

Abstract

The silage corn (SC) production and yield per area in Turkey have increased over the last decade owing to their high economic importance. The first objective of the current study was to determine the agronomic and nutritive profiles of SC hybrids in the Central Anatolian region of Ankara, Turkey. The other objective was to determine the relationship between silage maturity and corn heat unit (CHU) and growing degree day (GDD) ratings. The current study was set up as a randomized complete block design with three replications. Certified seeds of five dissimilar SC hybrids (*cv* PL 712, *cv* TORRO, *cv* CHAMP, *cv* MACHA, *cv* RANGER) (n=5) were established in the field. SC hybrids showed variation among themselves. Differences were also detected in all parameters, except dry matter (DM) content and crude protein (CP) yield. *Cv* "MACHA" had the highest nutritive profile [CP: 9.60%; acid detergent fiber (ADF): 30.02%; neutral detergent fiber (NDF): 51.62%; acid detergent lignin (ADL): 3.72%; total digestible nutrient (TDN): 62.60%; metabolic energy (ME): 2.34 Mcal kg⁻¹ DM; net energy production (NE_p): 1.50 Mcal kg⁻¹ DM]. One of the other hybrids, *Cv* "CHAMP" had the highest yield components [silage yield: 104.20 t ha⁻¹; dry matter yield: 35.4 t ha⁻¹; TDN yield: 21.10 t ha⁻¹; ME yield: 77880.00 Mcal ha⁻¹; NE_p yield: 49914.00 Mcal ha⁻¹]. There was a significant correlation between silage maturity and CHU and GDD ratings [CHU_{seed} (r = 0.84, P= 0.001), CHU_{silk} (r = 0.90, P<0.001), and GDD (r = 0.89, P<0.001)]. Based on these results, it was determined that the low-CHU SC hybrid had higher yield values and nutrient profiles in Ankara. In addition to this, SC hybrids; "*cv* CHAMP" and "*cv* MACHA" could be recommended for their agronomic profile, nutritive profile, and yield components in the Central Anatolian regions, Ankara, Turkey.

Keywords: Agronomy, Maturity, Cultivar selection, Yield, Quality

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ozkan, U. Ankara University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Ankara, Türkiye. E-mail: ugurozkan@ankara.edu.tr  OrcID: 0000-0002-6869-4526

Atıf: Ozkan, U. (2024). Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesinde bazı silajlık mısır hibritlerinin tarımsal ve besin profilinin gözlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 393-403.

Citation: Ozkan, U. (2024). Observance of variance in agronomic and nutritive profile of silage corn hybrids in Central Anatolian Prairies of Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 393-403.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Türkiye'de silajlık mısır (SM) üretimi ve alan başına verim, ekonomik öneminin fazlalığı nedeniyle son on yılda artmıştır. Bu çalışmanın ilk amacı, Türkiye-Ankara'da Orta Anadolu bölgesinde SM hibritlerinin agronomik ve besleyici profilini belirlemektir. Çalışmanın diğer amacı, silaj olgunluğu ile mısır ısı birimi (CHU) ve yetiştirme derecesi günleri (GDD) arasındaki ilişkiyi göstermektir. Bu araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Sertifikalı beş farklı SM hibriti (*cv* PL 712, *cv* TORRO, *cv* CHAMP, *cv* MACHA, *cv* RANGER) (n=5) tarlaya kurulmuştur. SM hibritleri kendi aralarında farklılıklar göstermiştir. Kuru madde (KM) içeriği ve ham protein (HP) verimi hariç tüm parametrelerde de farklılıklar tespit edilmiştir. *Cv* “MACHA” en yüksek besleyici profile sahip olmuştur [HP: 9.60%; asit deterjan lifi (ADF): 30.02%; nötr deterjan lifi (NDF): %51.62; asit deterjan lignin (ADL): 3.72%; toplam sindirilebilir besin (TSB): 62.60%; metabolik enerji (ME): 2.34 Mcal kg⁻¹ KM; net enerji üretimi (NE_p):1.50 Mcal kg⁻¹ KM]. Diğer hibritlerden biri olan, *Cv* “CHAMP” ise en yüksek verim bileşenlerine sahiptir [Silaj verimi: 104.20 t ha⁻¹; KM verimi: 35.4 t ha⁻¹; TSB verimi: 21.10 t ha⁻¹; ME verimi: 77880.00 Mcal ha⁻¹; NE_p verimi: 49914.00 Mcal ha⁻¹]. Silaj olgunluğu ile CHU ve GDD dereceleri arasındaki ilişki, önemli derecede korelasyon göstermiştir [CHU_{seed} (r = 0.84, P= 0.001), CHU_{silk} (r = 0.90, P<0.001) ve GDD (r = 0.89, P<0.001)]. Yukarıdaki sonuçlara dayanarak, Ankara'da düşük CHU değerlerine sahip olan SM hibritlerinin daha yüksek verim ve kaliteye sahip oldukları belirlendi. Buna ek olarak; Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesindeki Ankara'da agronomik profil, besleyici profil ve verim bileşenleri için SM hibritlerinden “*cv* CHAMP” ve “*cv* MACHA” önerilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Agronomi, Olgunluk, Çeşit seçimi, Verim, Kalite

1. Introduction

Quality forage deficits and their related costs are major problems for the livestock sector in Turkey. Production of silage corn (SC) has the main role to close this deficit. Silage corn has also been used globally as ensiled forage, particularly in Europe, the United States, China, Canada, and other developing countries. SC production in Turkey increased by 74% between 2011 and 2021 (from 300.797 ha to 524.842 ha) (showing an increase of 300%, 156%, 63%, and 63% in Konya, Ankara, Aydın, and Balıkesir, sequence), and with the greatest percentile in Turkey by approximately 45% of the total forage crop production in 2021 (Anonymous, 2021). This increment in SC production has been achieved through government support, which has exceeded 100% in the last ten years in Turkey. Expanding SC production is due to its potential for high yield and digestibility compared to small grains such as barley and oats (Baron et al., 2000). Owing to limiting digestible energy intake by beef and dairy cattle production, SC gives an opportunity to increase meat and milk production (Guyader et al., 2018).

The current market shows the great diversity of SC hybrids, with specific characteristics to attempt regional requirements, taking into account the environmental conditions (Zopollato and Sarturi, 2009). Also, the forage yield and nutritive profile of SC are influenced by soil nutrients, plant species, genotype within species, and stage of harvest. (Baron et al., 2012). Livestock producers expect higher productivity and higher dry matter content for meeting their total mixed rations. Several researchers have documented that agronomic profile, nutritive profile, and yield components were affected by SC hybrids (Singh et al., 2020; Gunes and Oner, 2019; Ileri et al., 2018; Ahmad et al., 2012). Cultivar selection based on weather conditions and growing period longevity is an important application for achieving sustainable yields (Ileri et al., 2018). SC growth pattern in Turkish prairies is known to generally warm climatic conditions. Thus, SC has a high potential as the second crop under irrigated conditions of dry environments with at least 3 months of extra growing period (Ileri et al., 2018). SC growth parameters of the cultivars are influenced by weather conditions and growing period longevity. These changes lead to changes in plant length, stem strength, leaf size, cob size, seed count, and storage of compounds in the plant nutrient composition of silages (Mahanna, 2010a, b).

Evaluating the economical production of the SC depends on silage dry matter (DM) yield and nutritive profile. Silage maturity and yield are correlated positively with Corn Heat Unit (CHU) accumulation. Therefore, cultivar maturity affects nutritive profile (Lardner et al., 2017; Guyader et al., 2018). CHU system proposed by Brown (1963) is used as a way to categorize SC hybrids for maturity. The CHU system determines regions with suitable air temperatures for SC production, and within regions of adaptation, it is used by farmers to select hybrids based on their maturity rating. The CHU system uses a growing-degree-day algorithm, in which daily air temperatures are accumulated over the growing season (Major et al., 2021). Many corn cultivars require 2000 or more CHU to reach the silage harvest stage (Abeysekara et al., 2013). Additionally, western Canada require ≥ 2300 CHU for ensiling corn (Lardner et al., 2017). SC's agronomic and nutritive profile of SC with CHU's correlated relationship needs to be better understood in one of the Central Anatolian Prairies, Ankara. Therefore, the first objective of this study was to determine the agronomic and nutritive profiles of SC hybrids. The second objective was to identify the relationship between silage maturity and CHU and GDD ratings.

2. Materials and Methods

2.1. Experimental Design and Agronomic Practices

The experimental area was established at Ankara University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department. Ankara Province has a temperate, dry, and hot summer climate (*Csa*), according to the updated Köppen-Geiger climate classification (Rahimi et al., 2020) (Table 1). The soil in the experimental area is clay-sandy with 8.02 pH. The organic matter content was low, particularly in the layers below the given depth. The samples were rich in potassium (582 ppm), medium in phosphorus (13.28 ppm), and low in nitrogen (0.074%).

SC hybrids were planted using 65000 seeds ha^{-1} ; with row spacing of 70 cm; mean plot size of 10.5 m^2 keeping a distance of 1m gap among three replications in a randomized complete block design. Certified seeds of 5 SC hybrids (*cv* PL 712, *cv* TORRO, *cv* CHAMP, *cv* MACHA, *cv* RANGER) ($n=5$) were established in the experimental area. All SC hybrids were planted on May 23, 2022 and harvested between 16-21 September, 2022. The harvest decision was made according to the level of achieving milk stage. The cobs in the plots that were in between 1/3 to 2/3 milk stage, were considered mature for silage (Bal et al., 1997, Johnson et al., 2002). Phosphorus (in the form of 46% di-

ammonium phosphate) (80 kg ha⁻¹) and nitrogen (in the form of 18% ammonium sulfate) (200 kg ha⁻¹) were applied to the soil with planting, except nitrogen. Nitrogen was divided into two parts, half of it applied during the planting and second part was applied when the plants reached up to 40-50 cm length. Weeding was picked out mechanically when the plants were at 30-40 cm length. Silking date (days), cobs' emergence (days), silage maturity (days), plant length (cm), were measured for obtaining agronomic profile. Plant length was measured for ten corn plants, and followed by taking an average for each plot. Upon harvesting, all plants per replicate were weighed to determine silage yield on as hectare basis (t ha⁻¹). The dry matter yield (t ha⁻¹) was recorded for all respective plot by multiplying the dry matter (%) and silage yield.

Table 1. Location, soil description, and climatic information of Ankara in 2022 (Anonymous, 2022)

Latitude	Longitude	Elevation (m)	Texture	Mean Temperature (°C)	Precipitation (mm)	Acc. dCHU	GDD
39° 97' N	32° 86' E	891	Clay sandy	22.90	184.70*	3150.23	2108.55

*Acc. dCHU: Accumulated daily CHU, GDD: Growing degree days, * May- end of the September total rainfall*

The CHU accumulated between seeding and harvesting was calculated for Ankara province. Also, CHU between seedling to harvest (CHU_{seed}), silking to harvest (CHU_{silk}) and growing degree days (GDD) were calculated for each plant as the sum of daily CHU, as provided by the Turkish State Meteorological Service. Corn heat unit (CHU) were calculated on a daily basis, using the maximum (T_{max}) and minimum (T_{min}) daily air temperatures, measured from midnight to midnight, in °C. The following equation was used to calculate daily CHU, also it is presented below;

$$\text{Daily CHU} = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2 \quad (\text{Eq.1.})$$

$$Y_{\max} = [3.33 \times (T_{\max} - 10)] - [0.084 \times (T_{\max} - 10)^2] \text{ (if } Y_{\max} < 0, \text{ set } Y_{\max} = 0) \quad (\text{Eq.2.})$$

$$Y_{\min} = [1.8 \times (T_{\min} - 4.4)] \text{ (if } Y_{\min} < 0, \text{ set } Y_{\max} = 0) \quad (\text{Eq.3.})$$

Growing degree days (GDD) are calculated using the following equation below;

$$\text{GDD} = [(T_{\max}, ^\circ\text{C} + T_{\min}, ^\circ\text{C}) / 2 - 5] \quad (\text{Eq.4.})$$

For each SC hybrid, CHU_{seed}, CHU_{silk}, GDD values, and important dates are presented in Table 2.

Table 2. Selected corn hybrids with corn heat unit (CHU) and growing degree days (GDD) ratings for Ankara

Silage Corn Hybrids	Sowing date	Seedling emergence	Silking date	CHU _{seed}	CHU _{silk}	GDD	FAO Maturity Groups
PL 712	May 23	May 31	July 31	2969	1315	1972	700-712
TORRO	May 23	June 1	August 1	2875	1209	1910	680
CHAMP	May 23	June 1	August 3	2798	1072	1879	700
MACHA	May 23	June 1	July 30	2855	1280	1917	550-580
RANGER	May 23	June 1	July 29	2937	1371	1969	600

2.2. Sampling and Nutritive Profile Analysis

A total of 500 g representative samples were retained to determine the DM content and nutritive profiles for all plots. The samples were dried at 70 °C for 48 h. Dried samples were ground to pass through a 1-mm screen in a mill. All collected samples were analyzed for DM, CP, ADF, NDF, ADL, and TDN. DM was analyzed from the collected sample (10 g) (135 °C for 2 hours) (AOAC, 2005a). Nitrogen was analyzed by traditional Kjeldahl acid digestion, converting nitrogenous compounds to ammonia, which was distilled and titrated (AOAC, 2005b), and CP was calculated as N × 6.25. ADF and NDF were determined by a sequential procedure (Van Soest et al., 1991) with an ANKOM200 Fiber Analyzer (Ankom Technology Corp, Macedon, NY, USA) after pre-treatment with sodium sulfite and α-amylase, and expressed inclusive of residual ash. ADL was analyzed using ADF residues with the direct sulfuric acid (72%) method (Robertson et al., 1981). TDN was calculated by Horrocks and Valentine (1999) [(TDN = (-1.291 × ADF %) + 101.35)]. The estimated energy values are ME and NE_p, which were calculated following NRC (1989). After determining DM, CP, TDN, ME, and NE_p, the yield values of these parameters were converted on a hectare basis (t ha⁻¹) after multiplying the dry matter yield.

2.3. Statistical Analysis

The data obtained from the measurements and observations were subjected to analysis of variance according to randomized complete block design (5% significance level) with three replications using “JMP” v.13 computer software (SAS, 2017). For each hybrid, agronomic profile (the silking date, cobs’ emergence, silage maturity, plant length), nutritive profiles (DM, CP, ADF, NDF, TDN, ME, and NE), yield components (silage yield, dry matter yield, CP yield, TDN yield, ME yield, and NE_p yield), CHU ratings and GDD were analyzed from each plot. Data for DM, CP, ADF, NDF, ADL, and TDN were arcsine transformed before statistical analysis to stabilize variances and normalize proportional data. Probabilities equal to or less than 0.05 were considered significant (* P<0.05, ** P<0.01). If ANOVA indicated differences between treatment means, a LSD test was performed to separate them. Correlations (r) between agronomic profile, nutritive profile, yield components, and CHU ratings, GDD were determined for all SC hybrids (data not shown). Examining the relationship between CHU’s, GDD and silage maturity, nutritive profile; correlation (r) and regression (r²) were performed with “JMP” v.13 (SAS, 2017). The dependent variables of the observation were CHU_{seed}, CHU_{silk}, and GDD.

3. Results and Discussion

3.1 Agronomic Profile

The effects of the SC hybrids on agronomic profile; silking date, cobs’ emergence, silage maturity, and plant length are presented in Table 3, and differences (P<0.01) were detected in all agronomic traits, excluding cobs’ emergence (P<0.05), in accordance with one-way ANOVA. “CHAMP” matured early for silage (109.00 days) in comparison with other hybrids. It also had the highest plant length (348.40 cm), latest silking date (72.67 days), and cobs’ emergence (73.67 days). Silage maturity of “CHAMP” were 3% lower than the mean silage maturity value. The earliest silking date (67.33 days) and cobs’ emergence (71.00 days) were observed in “RANGER.” This hybrid also matured late for silage (115.67 days) compared to the other hybrids. The plant length of these hybrids were lined as “CHAMP” (348.40 cm), “MACHA” (330.10 cm), “PL 712” (306.71 cm), “RANGER” (298.35 cm), and “TORRO” (277.31 cm), respectively (Table 3).

Table 3. Agronomic and Nutritive Profile of SC hybrids

	SC Hybrids					Mean	SE
	“PL 712”	“TORRO”	“CHAMP”	“MACHA”	“RANGER”		
Agronomic Profile							
Silking date (day)**	69.00bc	70.00b	72.67a	67.67c	67.33c	69.33	0.54
Cobs’ emergence (day)*	72.67ab	71.67ab	73.67a	72.00ab	71.00b	72.20	0.30
Silage maturity (day)**	114.67a	111.33ab	109.00b	111.33ab	115.67a	112.40	0.75
Plant length (cm)**	306.71bc	277.31c	348.40a	330.10ab	298.35bc	312.18	7.18
Nutritive profile							
DM % (ns)	29.00	30.00	34.00	34.00	31.00	31.6	0.01
CP (% DM)**	6.40d	7.32c	7.52c	9.60a	8.45b	7.86	0.30
ADF (% DM)**	36.95a	37.09a	32.38b	30.02b	31.18b	33.52	0.88
NDF (% DM)**	59.32a	57.73ab	56.59abc	51.62c	52.99bc	55.65	0.92
ADL (% DM)*	4.67a	4.46ab	3.91bc	3.72c	4.03bc	4.16	0.11
TDN (% DM)**	53.65b	53.46b	59.55a	62.60a	61.10a	58.07	1.14
ME (Mcal kg ⁻¹ DM)**	1.94b	1.93b	2.20a	2.34a	2.27a	2.14	0.05
NE _p (Mcal kg ⁻¹ DM)**	1.24b	1.23b	1.41a	1.50a	1.45a	1.37	0.28
Yield							
Silage yield (t ha ⁻¹)**	89.60a	81.20a	104.20a	96.10a	87.00a	91.60	2.51
Dry matter yield (t ha ⁻¹)*	26.20bc	24.20c	35.40a	31.80ab	26.70bc	28.80	1.43
CP yield (t ha ⁻¹) (ns)	1.90	2.00	2.80	2.90	2.40	2.40	0.15
TDN yield (t ha ⁻¹)*	14.00b	12.90b	21.10a	19.80a	16.20ab	16.80	1.01
ME yield (Mcal ha ⁻¹)*	50828.00b	46706.00b	77880.00a	74412.00a	60382.00ab	62041.60	4118.30
NE _p yield (Mcal ha ⁻¹)*	32488.00b	29766.00b	49914.00a	47700.00a	38715.00ab	39716.60	2590.63

Values within rows with different letters are significantly different (* P<0.05; ** P<0.01; ns: non-significant, SE: standart error).

The variation in the agronomic profile of SC hybrids affected silage yield and nutritional value of silages (Jiang et al., 2022). The silking dates of SC hybrids ranged as 67.33 cm to 72.67 cm in the current study; showed lower variation and early silking, compared to the findings of Bulut (2016), Kir and Yavuz (2019). Cobs' emergence ranged from 71.00-73.67 days among the SC hybrids. Similar to silking date, cobs' emergence in the current study showed earliness over the findings of Bulut (2016), and Kir and Yavuz (2019). Although "CHAMP" had the latest silking date and cobs' emergence, it matured earlier for silage in comparison to other hybrids. All SC hybrids in the current study matured earlier than the maturity values findings of Bulut (2016), and Kir and Yavuz (2019). Corn plant length is a very important parameter for biomass yield and nutritional quality of silages. It also reflects crop growth attained during the growing period (Jiang et al., 2022). The plant length of SC hybrids ranged 277.31-348.40 cm. These findings in the current study were higher compared to the findings of Jiang et al. (2022), Singh et al. (2020), Kir and Yavuz (2019), Ileri et al. (2018), Bulut (2016). The variation observed in agronomic profile among the SC hybrids could be related to differences in genetic makeup such as days to germination, nitrogen uptake capacity, adaptation to a certain soil and sowing temperature, and maturity period of these SC hybrids (Jiang et al., 2022). "CHAMP", which was an early-maturing hybrid (109.00 days), reached a higher plant length compared to those having late maturity like "PL 712" and "TORRO", which had the earliest silking and cobs' emergence respectively in the current study. The plant lengths of "PL 712" and "TORRO" also were below the mean plant length.

3.2 Nutritive profile

The effect of the SC hybrids on nutritive profile; DM, CP, ADF, NDF, ADL, TDN, ME, and NE values are presented in Table 3. In accordance with one-way ANOVA, differences ($P < 0.01$) were detected in all nutritive profile, excluding DM (ns). "MACHA" had the best nutritive profile values with DM (34%), CP (9.60%), ADF (30.02%), NDF (51.62%), ADL (3.72%), TDN (62.60%), ME (2.34 Mcal kg⁻¹ DM), NE_p (1.50 Mcal kg⁻¹ DM). The lowest DM (29%), CP (6.40%) and TDN (53.46%), ME (1.93 Mcal kg⁻¹ DM), NE_p (1.23 Mcal kg⁻¹ DM) values were determined in "PL 712" and "TORRO", in the same vein (Table 3, Figure 1). Also, the highest NDF (59.32%) and ADF (37.09%) values were observed again in "PL 712" and "TORRO", respectively (Table 3). The nutritive profile of "MACHA" was greater than the mean nutritive profile values, especially 18% more CP, 11% ADL and 10% ADF.

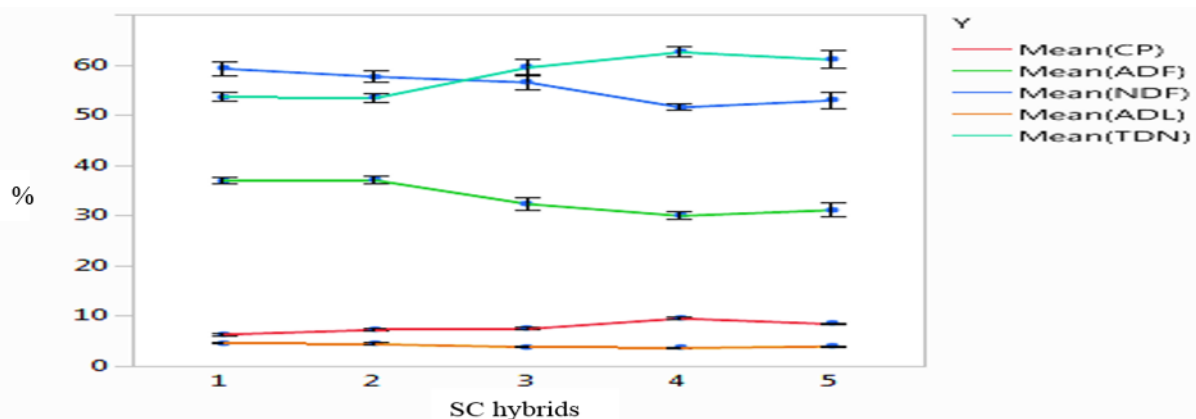


Figure 1. Nutritive profile of SC hybrids (1: "PL 712"; 2: "TORRO"; 3: "CHAMP"; 4: "MACHA"; 5: "RANGER")

Harvesting the crop at optimum DM content optimizes silage quality (Guyader et al., 2018) and increases the uptake availability of dry matter for ruminant animals. Bal et al. (2000), Ileri et al. (2018), Singh et al. (2020) have noted that DM content of silage corn 32.00- 40.00%, 20.57- 23.35%, 24.77- 27.57%, respectively. Wet silage material (<28% DM) lead to seepage from the silo and decrease the DM intake of ruminants, just like dry silage material (>40% DM) is difficult in making the packets which are hard to ferment in the silo (Allen et al., 2003; Mahanna, 2017). All SC hybrids had more than 30% DM content, excluding "PL 712", which was a late-maturing hybrid. In the current study, the mean CP content (7.86%) was greater compared to the findings of Ileri et al. (2018) (6.91%). On the other hand, the mean CP content of the SC hybrids was lower compared to the findings of Jiang et al. (2022) (8.06%), and Singh et al. (2020) (9.65%). Two of the SC hybrids – "MACHA" (9.60%) and

“RANGER” (8.45%), was higher than the mean CP content in the current study. In agreement with current study’s findings (6.4-9.6%), previous studies have reported different CP contents ranging 6.4 - 8.0% among different corn genotypes (Guyader et al., 2018; Loučka et al., 2018; Kung et al., 2015; Opsi et al., 2013).

Digestibility is defined as the percentage of silage that is absorbed in the animal digestive tract (Barrière et al., 2003). Additionally; ADF, NDF, and ADL which are related to cell wall composition show a significant correlation with whole plant and cell wall digestibility (Truntzler et al., 2010). The CHU ratings and digestibility parameters of nutritive profile’s relationship did not show significant differences. Just ADL content had a very weak correlation with CHU_{seed} ($r = 0.37$, $P = 0.16$). The mean ADF and NDF concentration was 33.52% and 55.65% in the current study. ADF and NDF concentrations of “MACHA” (30.02%) (51.62%), “RANGER” (31.18%) (52.99%), “CHAMP” (32.38%) (56.59%) were lower than the mean ADF and NDF. It is determined that “MACHA” is more digestible SC hybrid in comparison with other hybrids. ADF and NDF values obtained by Kir (2020) and Ileri et al. (2018) were as 24.26%, 49.78% and 22.23%, 39.20%, in the same vein. NDF values of Guyader et al. (2018) (53.00%), Opsi et al. (2013) (44.4-46.8%), Schwab et al. (2003) (45.00%) were much lower than current study which means their hybrids are more digestible. Khan et al. (2011) stated that ADF, NDF, and ADL values as 37.73-39.70%, 66.60-71.40%, and 3.0-5.45% according to different cutting stages, which are less digestible values compared to the current study’s hybrids. TDN defines the available nutrients for livestock and the energy content of forages (Sayar et al., 2014; Posada et al., 2012); therefore, the highest TDN (62.60%), the highest estimated energy values with ME of 2.34 Mcal kg^{-1} DM, and NE_p of 1.50 Mcal kg^{-1} DM observed in “MACHA”. In agreement with the current study, similar results were noted by Hundal et al. (2019), Sayar et al. (2014), Khan et al. (2011) for TDN and estimated energy values. TDN values of 57.2-62.6% were noted in 18 binary legume-grass mixtures by Bélanger et al. (2017) in agreement with the current study with mean value of 58.07%.

3.3 Yield Components

The effect of SC hybrids on yield components; silage yield, dry matter yield, CP yield, TDN yield, ME yield and NE_p yield values are presented in Table 3. In accordance with one-way ANOVA, differences ($P < 0.01$) were detected in all yield components, excluding CP yield (ns). “CHAMP” had maximum silage yield (104.20 t ha^{-1}), dry matter yield (35.40 t ha^{-1}), TDN yield (21.10 t ha^{-1}), ME yield (77880.00 Mcal ha^{-1}) and NE_p yield (49914.00 Mcal ha^{-1}). The lowest silage yield (81.20 t ha^{-1}), dry matter yield (24.20 t ha^{-1}), TDN yield (12.90 t ha^{-1}), ME yield (46706.00 Mcal ha^{-1}) and NE_p yield (29766.00 Mcal ha^{-1}) was noted in “TORRO” (Table 3, Figure 2). The highest CP yield (2.90 t ha^{-1}) was documented in “MACHA” (Table 3). All yield components of “CHAMP” were at least 12% higher than the mean yield values, especially in TDN yield (20%), dry matter yield (18%).

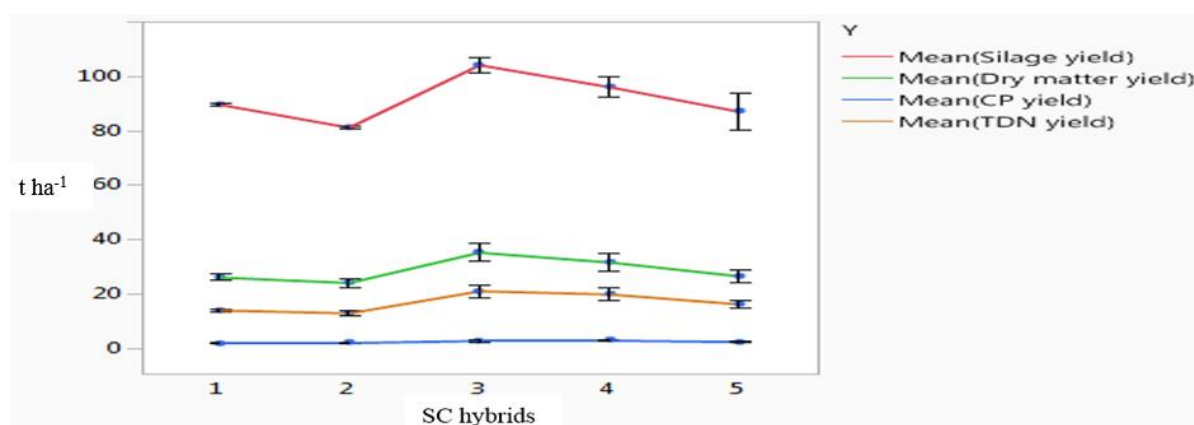


Figure 2. Yield components of SC hybrids (1: “PL 712”; 2: “TORRO”; 3: “CHAMP”; 4: “MACHA”; 5: “RANGER”)

The mean of silage yield, dry matter yield, CP yield, and TDN yield was 91.60 t ha^{-1} , 28.80 t ha^{-1} , 2.40 t ha^{-1} , and 16.80 t ha^{-1} in the current study. “CHAMP” and “MACHA” that became early-matured hybrids were higher than the mean yield components. Silage yield values obtained by Kir (2020) (67.10 t ha^{-1}), Ileri et al. (2018) (77.00 t ha^{-1}), Malasli et al. (2017) (42.00-52.00 t ha^{-1}), and Carpici et al. (2010) (18.70 t ha^{-1}) were lower compared to

the current study. Similarly, Kir (2020) and Malasli et al. (2017) also determined that dry matter yield was 26.20 t ha⁻¹ and 12.10 t ha⁻¹. Different morphological and physiological traits of the SC hybrids may result in different yields of silage and dry matter. These differences arose from the hybrids' genetic structure. These traits also affected the plant length and dry matter content of the SC hybrids. Due to its highest CP contents (9.6%), "MACHA" was the hybrid that had the highest CP yield (2.90 t ha⁻¹). Kir (2020) and Carpici et al. (2010) indicated CP yield in Kirsehir (2.10-2.30 t ha⁻¹) and Bursa (0.90-1.50 t ha⁻¹) conditions. Mean CP yield in the current study was higher (2.40 t ha⁻¹) compared to these studies. The mean TDN yield was 16.80 t ha⁻¹. "CHAMP" (21.10 t ha⁻¹) and "MACHA" (19.80 t ha⁻¹) were higher than mean TDN yield. Agnew et al. (2022), Song et al. (2021), Kim et al. (2018) indicated that TDN yield was 10.00 t ha⁻¹ for sole corn, 10.40 t ha⁻¹ for corn + lablab (*cv.* "Rangai"), 9.80 t ha⁻¹ for corn + soybean intercropping. Burken et al. (2017)'s TDN yield (17.90 t ha⁻¹) had a similar trend with the current study. TDN yield differences between these studies in the current study could have arisen from DM content and silage yield. Lardner et al. (2017) has mentioned that ME yield of silage corn was 31126.00 Mcal ha⁻¹ which had lower ME yield compared to the current study.

3.4 Corn Growing Environment and Influence on Maturity

The range of the hybrids CHU_{seed}, CHU_{silk}, and GDD in the current study are presented in Table 2. The differences were detected in CHU_{seed}, CHU_{silk}, and GDD (P<0.001) by SC hybrids in accordance with one-way ANOVA. CHU_{seed}, CHU_{silk}, and GDD values of SC hybrids varied from 2798 to 2969, 1072 to 1315, and 1879 to 1972, in the same order (Table 2, Figure 4). Silage maturity had a positive strong correlation with CHU_{seed} (r = 0.84, p = 0.001), CHU_{silk} (r = 0.90, P<0.001), and GDD (r = 0.89, P<0.001) (data now shown). Silage maturity was reasonably predictable from CHU_{seed}, CHU_{silk}, and GDD measured. Their expression of regressions and their Rsquare values of silage maturity by CHU_{seed} (r² = 0.70), CHU_{silk} (r² = 0.81), and GDD (r² = 0.79) are presented in Figure 3.

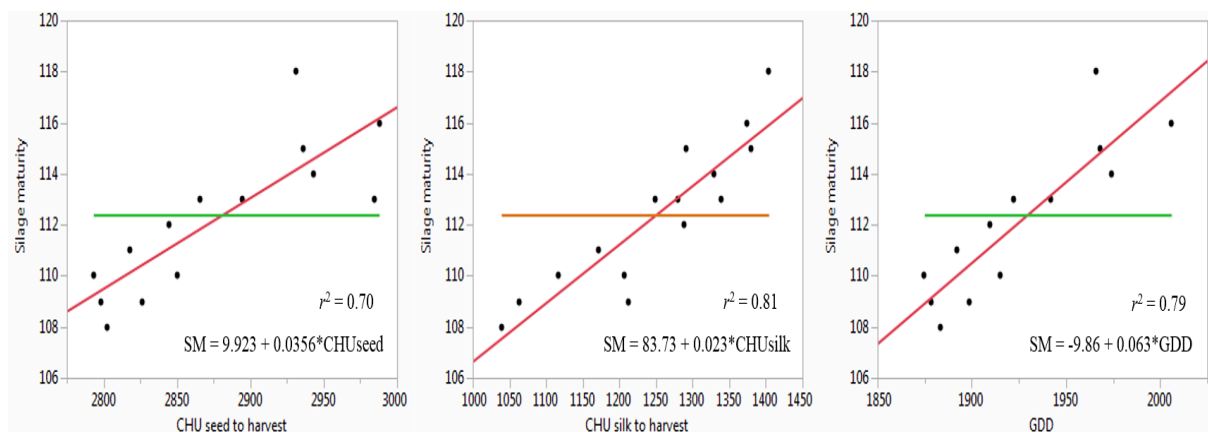


Figure 3. Expression of regression between CHU_{seed}, CHU_{silk}, GDD and silage maturity

The range of the hybrids' CHU ratings (CHU_{seed}, CHU_{silk}) and GDD ratings showed narrow variation (Table 2). Successful growth of SC hybrids depends on the availability of CHU, and SC is considered more suitable to the areas with a minimum of 2000-2100 CHU's, in the western Canada that require ≥ 2300 CHU's for ensiling corn (Lardner et al., 2017; McCartney et al., 2009). Guyader et al. (2018) detected a significant weak correlation (r = 0.42) between yield and CHU ratings (2000-2600). They also indicated that late-maturing hybrids had higher biomass yield. But, these hybrids had less than desired DM content (≤ 30%). Lardner et al. (2017) noted a non-significant weak correlation between DM content (P>0.05) and forage yield to CHU's (r = 0.31, P = 0.06) respectively, which had similar trend with the current study. A significant correlation between yield and nutritive profile to CHU and GDD ratings was not detected in the current study. But, the SC hybrids used in the current study had higher CHU ratings compared to Guyader et al. (2018). Additionally, the SC hybrids had more than desired DM content (≥ 30%), excluding "PI 712".

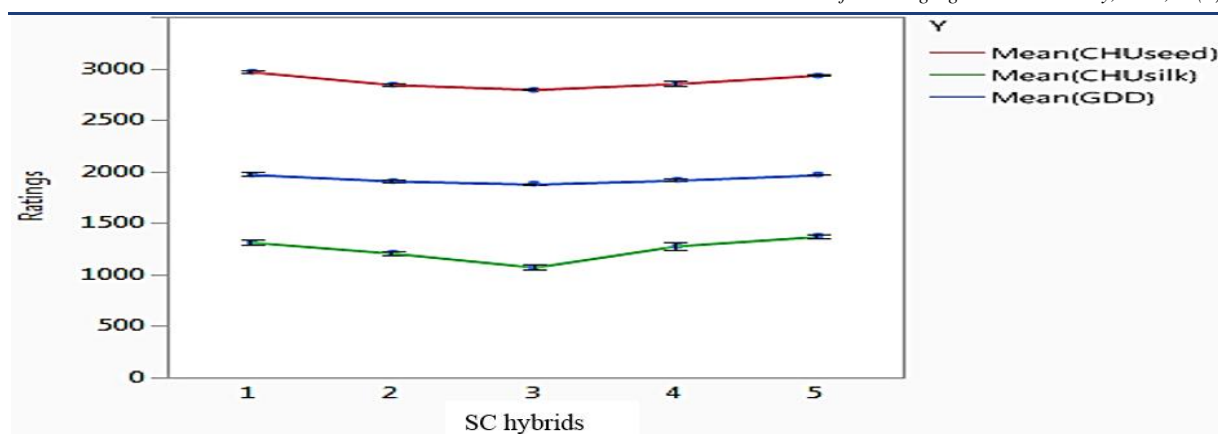


Figure 4. CHU and GDD ratings of SC hybrids (1: “PL 712”; 2: “TORRO”; 3: “CHAMP”; 4: “MACHA”; 5: “RANGER”)

4. Conclusion

Based on the above results, “CHAMP” and “MACHA” could be recommended for their agronomic profile, nutritive profile, and yield components. “MACHA” had more quality and digestible forage, and “CHAMP” had more yield potential, which is very near to the nutritive profile of “MACHA”. “CHAMP”, and “MACHA” had more adaptation capability to the Central Anatolian region among all hybrids used in the current study. These hybrids had very few differences in yield components and nutritive profiles. Although there was a relationship between silage maturity with CHU and GDD ratings, the CHU rating system used for selecting SC hybrids might be challenging due to the annual variation of climatic conditions. The current study showed that low CHU SC hybrid had higher yield values and nutritive profile. In the Central Anatolian region like Ankara, early-maturing SC hybrids (as much as 2850 CHU_{seed}) would be ideal due to their optimum DM content for ensilaging and their desired yield levels and nutritive profiles.

Conflicts of Interest

The author declares that there is no conflict of interest.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Authorship Contribution Statement

Concept: Ozkan, U.; Design: Ozkan, U.; Data Collection or Processing: Ozkan, U.; Statistical Analyses: Ozkan, U.; Literature Search: Ozkan, U.; Writing, Review and Editing: Ozkan, U.

References

- Abeyssekara, S., Christensen, D. A. and Yu, P. (2013). Characterizations of structural, biochemical, and nutrient profiles in silage among cool-season corn hybrids in relation to heat units (aCHU, dCHU) with curvilinear response and multivariate analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(50): 12315-12326.
- Agnew, J., Sprenger, C., Kendel, Z., Jefferson, P. G., Hnatoiwich, G., Weber-Enns, J. and Larson, K. (2022). The effect of nitrogen fertility rate and seeding rate on yield, nutritive value and economics of forage corn in a low corn heat unit region of Western Canada. *Field Crops Research*, 283:108520.
- Ahmad, W., Ahmad, A. U. H., Zamir, M. S. I., Afzal, M., Mohsin, A. U., Khalid, F. and Gillani, S. M. W. (2012). Qualitative and quantitative response of forage maize hybrids to sowing methods under subtropical conditions. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22: 318-23.
- Allen, M. S., Coors, J. G. and Roth, G. W. (2003). Corn silage. In: *Silage Science and Technology*. USA. p. 547–608.
- Anonymous (2021). Turkish Statistical Institute. (TURKSTAT). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Accessed Date: 22.09.2022).
- Anonymous (2022). Turkish State Meteorological Service. <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace> (Accessed Date: 22.09.2022).
- AOAC (2005a). Official Methods of Analysis (2001.12). 18th ed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC (2005b). Official Methods of Analysis (930.15). 18th ed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA.
- Bal, M. A., Coors, J. G. and Shaver, R. D. (1997). Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 80: 2497–2503.
- Bal, M. A., Shaver, R. D., Shinnors, K. J., Coors, J. G., Lauer, J. G., Straub, R. J. and Koegel, R. G. (2000). Stages of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 83–94.
- Baron, V. S., Aasen, A., Oba, M., Dick, A. C., Salmon, D. F., Basarab, J. A. and Stevenson, C. F. (2012). Swath-grazing potential for small-grain species with a delayed planting date. *Agronomy*, 104: 393-404.
- Baron, V. S., Okine, E. and Campbell, D. A. (2000). Optimizing yield and quality of cereal silage. *Advanced Dairy Science and Technology*, 12: 351–367.
- Barrière, Y., Guillet-Claude, C., Goffner, D. and Pichon, M. (2003). Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. *Animal Research*, 52(3): 193-228.
- Bélanger, G., Tremblay, G. F., Papadopoulos, Y. A., Duynisveld, J., Lajeunesse, J., Lafrenière, C. and Fillmore, S. A. (2017). Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(2): 395-407.
- Brown, D. M. (1963). A “heat unit” System for Corn Hybrid Recommendations. *5th National Conference Agricultural Meteorology*. American Meteorological Society, April 4–5, Florida, USA.
- Bulut, S. (2016). Adaptation of some corn cultivars (for silage) in Kayseri conditions. *Iğdir University Journal of the Institute of Science and Technology*, 6: 117-126.
- Burken, D. B., Nuttelman, B. L., Gramkow, J. L., McGee, A. L., Sudbeck, K. M., Gardine, S. E. and Erickson, G. E. (2017). Effects of agronomic factors on yield and quality of whole corn plants and the impact of feeding high concentrations of corn silage in diets containing distillers grains to finishing cattle. *Translational Animal Science*, 1(3): 367-381.
- Carpici, E. B., Celik, N. and Bayram, G. (2010). Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2): 128-132.
- Gunes, A. and Oner, F. (2019). Determination of silage yield and quality characteristics of some maize (*Zea mays* L.) varieties. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(1): 42-50.
- Guyader, J., Baron, V. S. and Beauchemin, K. A. (2018). Corn forage yield and quality for silage in short growing season areas of the Canadian prairies. *Agronomy*, 8(9): 164.
- Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press, London, UK.
- Hundal, J. S., Sing, G., Manju, W. and Sharma, A. (2019). Adaptability, yield and in vitro evaluation of some promising silage maize hybrids under tropical climate. *Indian Journal of Animal Research*, 89(6): 671-675.
- Ileri, O., Carpici, E. B., Erbeyi, B., Avci, S. and Koc, A. (2018). Effect of sowing methods on silage yield and quality of some corn hybrids grown in second crop season under irrigated condition of Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(1): 72-79.
- Jiang, M., Ma, Y., Khan, N., Khan, M. Z., Akbar, A., Khan, R. U., Khan, N. A. (2022). Effect of Spring Maize Genotypes on Fermentation and Nutritional Value of Whole Plant Maize Silage in Northern Pakistan. *Fermentation*, 8(11): 587.
- Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Robutti, J. L., Swift, M., Mahenna, W. C. and Shinnors, K. (2002). Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *Journal of Dairy Science*, 85: 833–853.
- Khan, S. H., Azim, A., Sarwar, M. and Khan, A. G. (2011). Effect of maturity on comparative nutritive value and fermentation characteristics of
-

- maize, sorghum and millet silages. *Pakistan Journal of Botany*, 43(6): 2967-2970.
- Kim, J., Song, Y., Kim, D. W., Fiaz, M. and Kwon, C. H. (2018). Evaluating different inter-row distance between corn and soybean for optimum growth, production and nutritive value of intercropped forages. *Journal of Animal Science and Technology*, 60(1): 1-6.
- Kir, H. (2020). Yield and quality traits of some silage maize cultivars. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20: 2843-2849.
- Kir, H. and Yavuz, T. (2019). The yield and agronomic characteristics of silage maize cultivars grown under Kirsehir ecological conditions. *Journal of Global Innovations in Agriculture and Social Science*, 7(3): 111-118.
- Kung, J. L., Lim, J. M., Hudson, D. J., Smith, J. M. and Joerger, R. D. (2015). Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. *Journal of Dairy Science*, 98: 2055–2062.
- Lardner, H. A., Pearce, L. and Damiran, D. (2017). Evaluation of low heat unit corn hybrids compared to barley for forage yield and quality on the Canadian prairies. *Sustainable Agriculture Research*, 6(1): 90-102.
- Loučka, R., Tyrolová, Y., Jančík, F., Kubelkov, P., Homolka, P. and Jambor, V. (2018). Variation for in vivo digestibility in two maize hybrid silages. *Czech Journal of Animal Science*, 63(1): 17–23.
- Mahanna, B. (2010a). Consistency in forage quality control needed. *Feedstuffs*, 82(42): 12-14.
- Mahanna, B. (2010b). Growing conditions affect silage quality. *Feedstuffs*, 82(42): 1–2.
- Mahanna, B. (2017). *Silage Zone Manual*. 2nd ed. Dupont Pioneer, Johnston, IA, USA.
- Major, D. J., McGinn, S. M. and Beauchemin, K. A. (2021). Climate change impacts on corn heat unit for the Canadian Prairie provinces. *Agronomy Journal*, 113(2): 1852-1864.
- Malasli, M. Z., Khatami, A. and Celik, A. (2017). The effects of different plant densities and silage corn varieties on silage yield and some yield parameters in no-till seeding. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(6): 490-499.
- McCartney, D., Fraser, J. and Ohama, A. (2009). Potential of warm-season annual forages and brassica crops for grazing: A Canadian review. *Canadian Journal of Animal Science*, 89(4): 431-440.
- National Research Council (NRC) (1989). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Opsi, F., Fortina, R., Borreani, G., Tabacco, E. and López, S. (2013). Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage. *The Journal of Agricultural Sciences*, 151(5): 740-753.
- Posada, O. S., Rosero, N. R., Rodríguez, N. and Costa, A. (2012). Comparison of methods to determine the energy value of feeds for ruminants. *Revista MVZ Cordoba*, 17(3): 3184-3192.
- Rahimi, J., Laux, P. and Khalili, A. (2020). Assessment of climate change over Iran: CMIP5 results and their presentation in terms of Köppen–Geiger climate zones. *Theoretical and Applied Climatology*, 141(1): 183-199.
- Robertson, J. B. and Van Soest, P. J. (1981). The Detergent System of Analysis and Its Application to Human Foods. In: *The Analysis of Dietary Fiber in Food*, New York, USA, pp 123–158.
- Sas Institute Inc. (2017) JMP® Statistical Discovery Software (v.13.0). SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sayar, M. S., Han, Y., Yolcu, H. and Yücel, H. (2014). Yield and quality traits of some perennial forages as both sole crops and intercropping mixtures under irrigated conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1): 59-65.
- Schwab, E. C., Shaver, R. D., Lauer, J. G. and Coors, J. G. (2003). Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Animal Feed Science and Technology*, 109(1–4): 1-18.
- Singh, D., Chauhan, A. and Chaudhary, A. (2020). Evaluation of maize hybrids for forage yield, silage quality traits and nutrient uptake in agro-climatic conditions of central Gujarat, India. *Range Management and Agroforestry*, 41(1): 133-140.
- Song, Y., Atikur, R. M., Lee, S. H., Hye, K. J. H. and Lee, K. W. (2021). Estimating forage yield and nutritive value of maize-legume intercropping systems in paddy fields during summer. *Journal of Food and Nutrition Research*, 9: 342-349.
- Truntzler, M., Barrière, Y., Sawkins, M. C., Lespinasse, D., Betran, J., Charcosset, A. and Moreau, L. (2010). Meta-analysis of QTL involved in silage quality of maize and comparison with the position of candidate genes. *Theoretical and Applied Genetics*, 121(8): 1465-1482.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597.
- Zopollato, M. and Sarturi, J. O. (2009). Optimization of the animal production system based on the selection of corn hybrids for silage. *International Symposium on Forage Quality and Conservation*, 1: 73-90, Brazil.


Driving Factors for Agricultural Graduates' Involvement in Agribusiness Enterprise in Nigeria


Ridwan MUKAILA^{1*}, Festus EluwandeDurojaye AWOYELU², Chisom Francisca EMEAKAYI³


Abstract

Eradicating the high level of youth unemployment remains a global challenge, especially in sub-Saharan Africa. Youth involvement in agriculture, which could have lower unemployment, is low. Despite a high volume of literature on youth involvement in agriculture, agricultural graduates have received little research attention. Therefore, this study assessed agricultural graduate involvement in agribusiness enterprises to fill the research gap. Data were collected from 200 agricultural graduates who were randomly selected. Descriptive statistics and logistic regression were methods of data analysis. The results revealed that, unlike other youths, agricultural graduates had a positive opinion about agriculture. Although about half were involved in agribusiness, almost all of them were willing to engage in it if supplied with production resources, especially land and capital for start-ups. Family land, access to credit, perceived benefits, attitudes, location, and gender significantly influenced agricultural graduates' participation in agribusiness. To be self-employed and an employer, to be financially independent, to be food secure, due to access to land, due to access to credit, parental influence, satisfaction, and personal growth, and to continue the family business were the reasons why agricultural graduates became involved in agribusiness enterprises. On the other hand, lack of capital, lack of access to land, the risk involved in agriculture, poor agricultural pricing, poor agricultural support from the government, seeking a white-collar job, and peer influence were reasons why some agricultural graduates were not involved in agribusiness. Hence, agricultural graduates should be encouraged and supported with resources, especially arable land, and capital, by the government, development agencies, and financial institutions to ensure effective participation in agribusiness.

Keywords: Agribusiness enterprise, Agricultural graduates, Factors, Participation, Youth

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ridwan Mukaila, Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria. E-mail: ridwan.mukaila@unn.edu.ng  OrcID: 0000-0001-8584-0858

²Festus EluwandeDurojaye Awoyelu, Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria. E-mail: festus.awoyelu@unn.edu.ng  OrcID: 0000-0003-1482-0571

³Chisom Francisca Emeakayi, Adress, Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria. E-mail: emeakayifrancisca@gmail.com  OrcID: 0009-0008-2655-8340

Atif/Citation: Mukaila, R., Awoyelu, F. E., Emeakayi, C. F. (2024). Driving Factors for agricultural graduates' involvement in agribusiness enterprise in Nigeria. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 404-415.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

1. Introduction

Unemployment among the youth, which is a key driver of poverty, remains a serious global phenomenon and a concern to world leaders, researchers, and policymakers, which makes it the eighth Sustainable Development Goal. Globally, there is a 13% youth unemployment rate, 40% in sub-Saharan Africa (SSA) (ILO, 2020), and 42.5% in Nigeria (National Bureau of Statistics, 2022). Nigerian youths' unemployment rate remains a major social, economic, and political barrier in the country (Fasakin et al., 2022). Further escalation of the present unemployment rate in Nigeria and other SSA nations among youths will have detrimental effects such as migration of youths from one economy to another, as it is currently seen where youths are leaving less developed or developing countries for developed nations, which could consequently create an economic crisis in such developed countries. It could also increase brain drain in an economy, increase crime and violence, increase income inequalities, and increase rural-to-urban migration (Mulema et al., 2021).

Eradicating or at least reducing unemployment requires youths to engage in entrepreneurial activities as the government cannot provide jobs for every citizen, especially in developing countries. Because of the abundance of arable land in Africa, agribusiness is an important agricultural entrepreneurship activity (agriprenurship). To boost agricultural output and sustainable food production, students at the primary and secondary school level were taught agriculture in most African countries, and some studied it at the higher institution level. Graduates of agriculture are trained professionals in their different areas who are also expected to be entrepreneurs given their training backgrounds in livestock farming, crop production, agricultural and food processing, and marketing, creating jobs and employing workers. Thus, agricultural graduates' engagement in agribusiness will not only serve as a means of self-employment but also as a means of providing jobs for other youth globally, especially in SSA. Youths' involvement in agricultural activities will play a critical role in food availability, employment, and poverty reduction (Fasakin et al., 2022; Mukaila, 2022).

Agriculture remains the mainstay of the economies of most developing countries in the world, Nigeria included. It provides employment and means of livelihood for the majority of the people living in the rural and urban areas of these countries (Liu et al., 2020; Mukasa et al., 2017) and attracts private investors (Geza et al., 2021), which consequently enables the achievement of economic goals (Magagula and Tsvakirai, 2020). Therefore, agriculture is a critical pathway to empowering youths as it provides them with several opportunities to create jobs (Akron and Kotu, 2022; Mulema et al., 2021) and reduce poverty among them (Osabohien et al., 2021).

Despite its numerous benefits, youth are disinterested in agriculture, as they see it as a poor man's business with low profits (Afande et al., 2015; Daum and Regina, 2017; Magagula and Tsvakirai, 2020; Mulema et al., 2021; Yami et al., 2019). Meanwhile, these are the views of most young people who did not study agriculturally related courses. The agricultural graduate could have a different opinion on agriculture than other youth. Although a graduate of agriculture can be an employee of the government, there are business opportunities for him or her to explore agriculture based on the training, and they are likely to see agriculture as a business—agribusiness. Thus, agricultural graduates have critical roles to play in the agricultural sector globally. In Nigeria, they are needed to boost agricultural outputs and restore Nigeria's glory as a food-self-sufficient nation.

Several studies (Adeyanju et al., 2021; Afande et al., 2015; Akron & Kotu, 2022; Ibrahim et al., 2021; Mabe et al., 2021; Magagula and Tsvakirai, 2020; Maritim, 2020; Mukaila, 2022; Mulema et al., 2021; Ng'atigwa et al., 2020; Ogunmodede et al., 2020; Osabohien et al., 2021; Twumasi et al., 2019; Udemezue, 2019; Yami et al., 2019; Yusoff et al., 2016) have been conducted on youth engagement in agricultural participation; yet, little is known about agricultural graduates' participation in agribusiness, especially in Nigeria, creating a research gap in the literature on youth involvement in agriculture.

Thus, this study contributes to the literature by (i) assessing agricultural graduates' opinions on agriculture; (ii) examining their level of involvement in agribusiness; (iii) investigating the driving factors of agricultural graduates' involvement in agribusiness; (iv) evaluating the reasons agricultural graduates participate in agribusiness enterprises; and (v) evaluating agricultural graduates' reasons for not participating in agribusiness enterprises. The results of this study would serve as a policy reference point for enhancing food production and eradicating unemployment through agricultural graduates' participation in agribusiness. This would consequently result in agricultural transformation and economic growth.

2. Materials and Methods

2.1. Study area and data collection

This study was conducted in Enugu State, located in Southeastern Nigeria. The state hosts the University of Nigeria, a first-generation university established in 1960 with the Faculty of Agriculture as a pioneer faculty.

The study adopted a survey design method, using a multi-stage sampling procedure. The first stage involved choosing three distinct locations: a university (University of Nigeria, Nsukka), a government secretariat (Nsukka local government area secretariat), and ten autonomous communities within Enugu state (Lejja, Opi, Nru, Orba, Nguru, Ibagwa, Igbo Eze, Ogwogo Nike, Abakpa Nike, and Emene Nike). The University of Nigeria and the Nsukka local government area secretariat were purposefully selected due to the availability of a large population of agricultural graduates in the locations. However, the ten communities were randomly selected. In stage two, ten agricultural graduates were randomly selected from each of the ten communities and Nsukka LGA secretariat, and ninety were randomly selected from the University of Nigeria. In all, a total of 200 respondents were used for the study.

From November to December 2022, data were primarily collected using a pre-tested structured questionnaire. The questionnaire contains information on the socio-economic characteristics of agricultural graduates, information on their involvement in agribusiness, their willingness or non-willingness to venture into the agricultural enterprise(s), their opinions about agriculture, and their reasons for involvement or non-involvement in agriculture.

2.2. Data analyses

Data were analysed using descriptive statistics, and logistic regression.

Descriptive statistics such as percentages, frequency, mean, and distribution tables were used to describe the socioeconomic characteristics of agricultural graduates and to assess agricultural graduates' involvement in agribusiness.

A four-point Likert scale was used to assess agricultural graduates' opinions on agriculture, evaluate the reasons agricultural graduates participate in agribusiness enterprises, and evaluate agricultural graduates' reasons for not participating in agribusiness enterprises. The four-point scale of 1-4 was assigned as follows: strongly agree as 4 points, followed by agree as 3 points, then disagree as 2 points, and strongly disagree as 1 point. To arrive at the decision rule, the average weight was calculated with the four-point scale as $(4 + 3 + 2 + 1)/4 = 2.50$. Hence, the benchmark for the Likert mean score was established at 2.50. The established value was used to decide if the responses given by agricultural graduates were accepted or rejected. Therefore, based on the above criteria, any response with a score of 2.50 and above was regarded as accepted or a main reason and any that fell from 2.49 downward were regarded as rejected or not a main reason, as the case may be.

Involvement in agribusiness is a dummy outcome, whether an agricultural graduate participates in agribusiness or not. Thus, logistic regression was used to investigate the driving factors of agricultural graduate involvement in agribusiness, as it can perfectly estimate the drivers of a dummy outcome. This has been widely employed by researchers (e.g., Akrong and Kotu, 2022; Cheteni, 2016; Ogunmodede et al., 2020) to investigate drivers of participation in agriculture. It is explicitly represented as:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 FL + \beta_2 A + \beta_3 YG + \beta_4 AC + \beta_5 PI + \beta_6 PB + \beta_7 Ed + \beta_8 At + \beta_9 G + \beta_{10} L + e \quad (\text{Eq. 1})$$

Where,

Y is the probability of an agricultural graduate's involvement in agribusiness (1 = involved, 0 = not involved)

FL is family land (1 = yes, 0 = no),

A is age (years),

YG is years after graduation,

AC is access to credit (1 = yes, 0 = no),

PI is parents' influence (1 = positive, 0 = negative),

PB is perceived benefit (4 = high, 3 = medium, 2 = low, 1 = non),

Ed is education level (5 = PhD, 4 = MSc, 3 = BSc, 2 = Higher National Diploma, 1 = Ordinary National Diploma),

At is attitudes (1 = positive, 0 = negative),

G is gender (1 = male, 0 = female),

L is the location (1 = rural, 0 = urban),

β_0 is constant or intercept, β_1 to β_{10} are the coefficients, and e is the error term.

Following logistic regression estimation, we calculated the marginal effects of the explanatory variables to provide an easy and comprehensive interpretation of the coefficient and to demonstrate its predictive power.

3. Results and discussion

3.1 Socioeconomic characteristics of the agricultural graduates

Table 1 presents the socioeconomic characteristics of agricultural graduates. The proportion of male agricultural graduates was slightly higher than their female counterparts. This indicates that both males and females studied agriculturally related courses; however, males were more than females. The majority of agricultural graduates were between the ages of twenty-six and thirty, followed by those between the ages of thirty-one and thirty-five, and those between the ages of twenty and twenty-five. Their average age was 27.5 years. This indicates

Table 1. Socio-economic profile of the agricultural graduates

Variables	Categories	Frequency	Percentage
Gender	Male	117	58.5
	Female	83	41.5
Age Mean = 28.4	20 - 25	33	16.5
	26 - 30	96	48
	31 – 35	71	35.5
Education Level	OND	14	7
	HND	34	17
	B.SC	107	53.5
	M.SC	42	21
	PhD	3	1.5
Marital status	single	121	60.5
	Married	79	39.5
Membership in social organization	Yes	111	55.5
	No	89	44.5
Occupation	Crop farming	65	32.5
	Livestock farming	17	8.5
	Business	2	1
	Salary earner	99	49.5
	Artisan	2	1
	Agricultural processing/marketing	15	7.5
Years of experience Mean = 4.53	1-5	139	69.5
	6-10	61	30.5
Access to credit	Yes	82	41.0
	No	118	59.0
Access to agricultural extension	Yes	67	33.5
	No	133	66.5
Parents/Relatives' opinion about agriculture	Positive	100	100
	Negative	0	0
Access to family land	Yes	69	34.5
	No	131	65.5

that the respondents were youths who were energetic, adequately mature, and emotionally stable enough to partake in agriculture. The larger proportion of the agricultural graduates had a Bachelor of Science degree. This was followed by the Higher National Diploma, a Master of Science degree, the Ordinary National Diploma, and a Doctor of Philosophy. Thus, the respondents were well-trained professionals in agriculture. The larger proportion of the respondents was single, while the smaller proportion was married.

Over half of the graduates belong to a societal organization, while 44.5% do not belong to any organisation. A social organisation such as a cooperative society motivates members to save which consequently helps them to achieve beneficial and favourable outcomes in their farming business (Akanbi et al., 2022; Mukaila et al., 2022). About half of the agricultural graduates were salary earners working in the Ministry of Agriculture, universities, and the private sector. About 33% of the agricultural graduates were in crop production. This was followed by livestock production, agricultural processing and marketing, business, and artisanship. The male agricultural graduates were mainly involved in crop farming, while the females were involved in agricultural processing and marketing. This is an indication that young females prefer off-farm agribusiness activities to on-farm activities. The opposite is true for male agricultural graduates. This could be related to the higher energy demand of on-farm agricultural activities than off-farm activities, and males possess the required energy for on-farm farming activities, *ceteris paribus*. The majority of the respondents had less than six years of working experience, with an average of 4.53 years. A larger proportion of agricultural graduates did not have access to credit facilities, which could influence their decision to participate in agricultural enterprises. In the same vein, access to agricultural extension was low. This could inhibit their participation in agriculture, as agricultural extension could assist them in getting land for farming and further train them (Falola et al., 2022a). The parents and relatives of the agricultural graduate had positive opinions about agriculture; thus, there are no family hindrances to their participation in agriculture. A few of the agricultural graduates had access to family land. This could influence their participation in agriculture. Because the youth cannot afford to buy land for agribusiness purposes due to poor funding, family land or inherited land is the primary source of youth access to arable land in Nigeria.

3.2 Agricultural graduates' opinion about agribusiness

Table 2 presents agricultural graduates' opinions or views about doing agriculture as a business. The result showed that agricultural graduates deemed it fit for the government to empower agricultural graduates with agricultural production resources such as capital in the form of a grant or loan, fertilizer, improved seeds and seedlings, land, machinery, and equipment, among others, for effective participation in an agricultural enterprise. The agricultural graduates also view agriculture as a profitable enterprise, unlike other youths who see agriculture as not profitable. They further opined that agricultural graduates and other graduates should participate more in the agricultural sector than other sectors due to their youthful age, level of education, and skills needed to boost agricultural output in the country. They, however, disagreed that no formal education is needed to establish agribusiness farms; thus, education plays a critical role in the establishment of agribusiness. They also disagreed that a white-collar job is preferable to farming and that agriculture is for the poor, in contrast to the belief of other youths who did not take agriculturally related courses that agriculture is for the poor.

Table 2. Agricultural graduate opinion or view about agriculture

Respondents' opinions or views about agriculture	Mean	Std. Dev.	Decision
The government should empower agricultural graduates	3.71	0.50	Agreed
Agriculture is a profitable enterprise	3.64	0.59	Agreed
Agricultural graduates should participate more in the agricultural sector than non-agricultural sector	3.05	0.88	Agreed
Graduates should participate more in the agricultural sector than non-agricultural sector	3.01	1.14	Agreed
No Formal education/training is needed for the establishment of agribusiness	2.44	0.90	Disagreed
White-collar jobs are better than farming	2.43	0.90	Disagreed
Agriculture is for the poor	1.84	0.92	Disagreed

3.3 Agricultural graduates' involvement in agribusiness and their intention to participate

Table 3 presents the results of agricultural graduates' involvement in agricultural enterprises and intentions to participate among those currently not involved in agricultural enterprises. Agricultural graduates' involvement in

agricultural enterprises was about half (48.5%). This implies that about five out of every ten agricultural graduates participate in agricultural enterprises. The current level of agricultural graduates' participation was relatively low, considering that this set of youths were trained to venture into agriculturally related activities, which could be due to several reasons. The few that were involved in agricultural enterprises engaged in crop production, livestock production, agricultural processing, and agricultural marketing. This result further implies that agricultural graduates are not fully involved in agribusiness enterprises despite being trained in the sector. This could be due to a lack of land and capital, which makes some of them prefer white-collar jobs in the banking sector, the Ministry of Agriculture and Rural Development, universities, and the private sector because they involve less physical stress and do not require start-up capital. According to Udemezue (2019), today's youths are uninterested in agriculture because it does not provide the types of dividends and status lifestyles that young people today desire and expect.

Almost all of the agricultural graduates who are not currently involved in agribusiness enterprises are willing to participate or intend to become involved in agriculture soon if the necessary support is provided. This is an indication that although agricultural graduate participation in agriculture is not as high as expected, the agricultural graduates are ready to involve themselves in food production and other agriculturally related activities so far, given the availability of needed agricultural facilities, which would serve as motivation for them.

Table 3. Agricultural graduates' involvement in agribusiness and their intention

Variables	Categories	Frequency	Percentage
Involvement in agriculture	Yes	97	48.5
	No	103	51.5
Intention to participate among those currently not involved in agriculture	Yes	101	98.1
	No	2	1.9

3.4 Factors influencing agricultural graduates' involvement in agriculture

Table 4 presents the driving factors for agricultural graduate involvement in agribusiness. Family land, access to credit, perceived benefits, attitudes, location, and gender were the significant factors that influenced agricultural graduates' participation in agriculture.

Family land had a positive influence on agricultural graduates' participation in agriculture. According to the marginal effect, the availability of family land suitable for farming increased the likelihood of agricultural graduates participating in agribusiness enterprises by about 26%. Thus, agricultural graduates who had access to land were involved in agriculture. This is because agriculture depends on the availability of land, and most graduates cannot afford to purchase land; hence, they depend on family or inherited land. The unavailability of land will push most agricultural graduates into other sectors that do not require land ownership or access. This is supported by the findings of Maritim (2020) and Twumasi et al. (2019) that youths' access to land increased their likelihood of engaging in agriculture.

Access to credit had a positive influence on agricultural graduates' involvement in agriculture. The marginal effect implies that access to credit facilities increased the likelihood of agricultural graduates' involvement in agribusiness enterprises by 11.8%. Because farmers' capital is always not enough, credit is an important source of capital in agribusiness firms; thus, credit facilities increase the amount of capital available for investment (Falola et al., 2022b; Gbigbi, 2022). As a result, agricultural graduates who have received external financial assistance will venture into agriculture because they will have the capital required to establish an agribusiness farm. A similar finding was reported by Fletschner and Kenney (2014) and Ng'atigwa et al. (2020), who found that youth's access to credit increased their probability of engaging in agriculture.

The perceived benefit had a positive influence on agricultural graduates' participation in agribusiness. According to the marginal effect, perceived benefits increased the likelihood of agricultural graduates' involvement in an agricultural enterprise by 9.4%. Agricultural graduates who believed agriculture provided significant benefits engaged in agricultural activities, whereas those who did not believe agriculture provided significant benefits did not participate in agribusiness. This is because engagement in any business depends on the perceived benefits or perceived utility derived from such a business. This is in line with Maritim (2020), who reported that youths' perceptions of the benefits of agriculture increased their probability of engaging in agriculture.

Attitudes had a positive influence on agricultural graduates' participation in agribusiness. The marginal effect implies that agricultural graduates' positive attitudes towards agriculture increased their probability of venturing into agricultural enterprise by 33%. Thus, agricultural graduates who had a positive attitude towards agriculture were involved in agribusiness enterprises, while those with negative attitudes were not. Individual attitudes play a critical role in excelling in any field and profession, and one must have a positive attitude before embarking on any business enterprise (Baah, 2015; Salleh and Njeru, 2005). This result is supported by Thomas and Eforuoku (2016) and Maritim (2020), who found that youths' attitudes were a key factor that influenced their involvement in agriculture.

Gender had a positive influence on agricultural graduates' participation in agribusiness. According to the marginal effect, being male increased the likelihood of agricultural graduate involvement in an agricultural enterprise by 17.3%. This could be because men possess the physical strength required for agriculture, while most young women prefer a white-collar job to agriculture. Thus, male agricultural graduates were more involved in agriculture than their female counterparts, which is in line with Ng'atigwa et al. (2020).

The location had a positive influence on agricultural graduates' participation in agribusiness. The marginal effect indicates that living in rural areas increased the likelihood of agricultural graduates participating in agricultural enterprises by 15.5%. Given that agriculture is dominated by rural areas due to the availability of key agricultural production resources (land) and a favourable environment, agricultural graduates who live in rural areas are more likely to go into farming than their city counterparts. Mulema et al. (2021) found that being located in an urban area negatively influenced Zambian youths' engagement in agribusiness and vice versa. Akrong and Kotu (2022) also opined that youths located in rural areas are likely to be involved in farming, while those in urban areas are likely to participate in non-farming activities. Thus, putting social infrastructure in rural areas will motivate young graduates to stay and start agribusiness enterprises in rural areas.

Table 4. Factors influencing agricultural graduates' involvement in agribusiness

	Marginal Effect	Coef.	Std. Err.	Z	P>z
Family land	.2591303	1.481877*	.7862055	1.88	0.059
Age	-.0061851	-.0374929	.3856065	-0.10	0.923
Years after graduation	-.0192514	-.1166982	.3671308	-0.32	0.751
Access to credit	.1176195	.7129878***	.2536938	2.81	0.005
Parents influence	.0619222	.375361	.5408272	0.69	0.488
Perceived benefit	.0943792	.5721096*	.3163253	1.81	0.071
Education level	-.0719057	-.4358793	.3119335	-1.40	0.162
Attitudes	.3304605	2.003191**	.7964118	2.52	0.012
Gender	.1731843	1.444014*	.8595321	1.68	0.092
Location	.1545368	.9367735*	.4884166	1.92	0.055
_cons		-4.943819	3.692372	-1.34	0.181

LR $\chi^2 = 25.26$, Prob > $\chi^2 = 0.0049$, Pseudo $R^2 = 0.2929$, Log-likelihood = -30.484819

*** P<0.01, ** P<0.05, * P<0.1

3.5 Reasons for agricultural graduates' participation in agribusiness

Table 5 shows agricultural graduates' responses to their reasons for participating in agriculture. The first major reason for agricultural graduates' participation in agricultural enterprises was to be food secure. Due to the high level of food insecurity in the country, the agricultural graduates go into crop production, livestock rearing, agricultural processing, and agricultural marketing to have a nation with zero hunger, which is in line with achieving the second Sustainable Development Goal of the United Nations. They added that they bought food that they did not produce on their farms with the money they earned from their farming activities. The second major reason an agricultural graduate embarked on agriculture was to become financially independent. Agriculture has gone beyond just producing food for the immediate family (subsistence farming); agriculture is now seen as a business (agribusiness); thus, agriculture is a form of sustainable income generation. Young graduates ventured into agribusiness enterprises to have a sustainable income and, consequently, to be financially independent. The third major reason for their participation in agribusiness is their satisfaction and personal growth. They were

content with venturing into agriculture because they wanted to contribute to the nation's growth in terms of food security and the economy.

Being self-employed was another major reason for agricultural graduates to become involved in agriculture. This could be related to the need for financial security through effective business management. Agricultural graduates also venture into agriculture to be employers and reduce the high level of unemployment among youths in the country. Maritim (2020) stated that youths participated in agribusiness due to a lack of jobs. Access to land was also a main reason for agricultural graduates' participation in agriculture. The land is an important factor in production, as most farming activities happen on the land; thus, graduates who have access to land embark on agriculture. Therefore, access to land plays a critical role in agricultural graduates' involvement in agriculture and related enterprises. This is in line with Maritim (2020), who reported that youth's access to land was the main reason for their participation in agribusiness. Another main reason for agricultural graduate participation in agriculture was access to credit. Capital is a key factor of production not only in agribusiness but across other business ventures; thus, the availability and accessibility of financial assistance from both formal and informal sources motivate agricultural graduates' involvement in agribusiness. However, most of them access financial assistance from the informal sector, especially from family and friends. Maritim (2020) reported a similar finding that youth's access to credit was a key factor in their participation in agribusiness. Parents' influence was also a main reason for agricultural graduates' involvement in agricultural enterprises. The parents of those involved in agriculture motivated and encouraged them through the provision of financial resources and by giving their family land for agricultural purposes. To continue a family business was also considered a main reason for agricultural graduates' involvement in agribusiness. An agricultural graduate whose family business is farming was motivated to embark on agribusiness to sustain their family's farming business. Peer influence was not considered the main reason for agricultural graduates' participation in agriculture.

Table 5. Agricultural graduates' responses on their reasons for participating in agribusiness

S/N	Reasons for Participating in Agriculture	Mean	Std. Dev.	Decision
1	To be food secure	3.85	0.50	Main
2	To be financially independent	3.55	0.56	Main
3	For my satisfaction and personal growth	3.52	0.56	Main
4	To be self-employed	3.51	0.65	Main
5	To be an employer	3.51	0.61	Main
6	Access to land	3.28	1.03	Main
7	Access to credit	2.56	1.04	Main
8	Parents influence	2.55	1.04	Main
9	To continue the family business	2.54	1.05	Main
10	Peer influence	2.27	1.08	Not main

3.6 Reasons for non-participation in agribusiness by some agricultural graduates

Table 6 presents the responses of some agricultural graduates regarding their reasons for not being involved in agribusiness. Lack of access to land, which was an important factor in production, was a major barrier to agribusiness participation for some agricultural graduates; thus, it was the main reason for agricultural graduates' non-participation in agriculture. Since most agricultural activities occur on land in developing countries, graduates who have no access to land are constrained from becoming involved in agriculture. In most African settings, youths are constrained by a lack of access to land (Lindsjö et al., 2021). This is in line with Gichimu and Njeru (2014), who stated that most youths who are interested in agriculture are constrained by a lack of land. In the same vein, lack of capital, which was also a factor in production, hindered agricultural graduates from participating in agricultural enterprises. Capital is needed to establish an agribusiness firm, cultivate crops, or rear livestock; thus, young graduates without capital or who could not access external finance (credit) were unable to participate in any agricultural enterprise. Mulema et al. (2021) and Muthomi (2017) also reported that youths are not involved in agriculture due to a lack of credit to finance the establishment of the farm. Yusoff et al. (2016) also reported that lack of funds was responsible for agricultural students' non-intention to go into agribusiness.

Poor agricultural pricing was also a major barrier to participation for some agricultural graduates. Poor agricultural product pricing due to their perishable nature impeded agricultural graduates' involvement in agricultural enterprises. Poor agricultural pricing results in low revenue from agribusiness farms, which consequently lowers the motivation of agricultural graduates to participate in agriculture. Agricultural graduates' non-participation in agribusiness was also due to the high risk involved in agriculture. Some are afraid of losing their invested capital due to risks and uncertainties such as crop failure, flooding, diseases, and poor yield, among others. Poor government agricultural support was also a main reason for some agricultural graduates' non-involvement in agribusiness. Some agricultural graduates in this category (i.e., non-participants) lamented the lack of agricultural support available to youth, which prevented them from becoming agripreneurs. Yusoff et al. (2016) also reported that inadequate support from the government was responsible for the inability of students to go into agribusiness. Therefore, the provision of empowerment facilities such as financial support, storage facilities, an efficient market, and land will allow youth to make significant contributions to agricultural development (Ng'atigwa et al., 2020).

Seeking a white-collar job was also a major reason some agricultural graduates did not participate in agriculture. This could also be linked to a lack of production resources, such as land and capital, needed to participate in agricultural enterprises. Some gave the impression that they seek white-collar jobs to raise funds to establish an agribusiness farm. The agricultural graduates who did not participate in agriculture agreed that peer influence was also a main reason for not participating in agriculture. On the other hand, parental influence was not the main reason for agricultural graduates' non-participation in agriculture.

Table 6. Agricultural graduates' responses on their reasons for non-participating in agriculture

S/N	Reasons for not participating in agriculture	Mean	Std. Dev.	Decision
1	Lack of access to land	3.90	0.31	Main
2	Lack of capital	3.83	0.47	Main
3	Poor government agricultural support	3.62	0.49	Main
4	Poor agricultural pricing	3.03	1.05	Main
5	Risks involved in agriculture	3.00	1.28	Main
6	Seeking a white-collar job	2.90	1.18	Main
7	Peer influence	2.59	1.05	Main
8	Parent influence	2.45	1.12	Not main

4. Conclusions

This study investigates agricultural graduate participation in agribusiness. The study concludes that agricultural graduates had a positive opinion about agriculture, unlike other youths. Agricultural graduates' participation in agribusiness is currently not as high as expected, which is due to a lack of production resources such as land and capital at their disposal. However, almost all of them have the intention to engage in agribusiness if adequate support is given to them. The factors influencing agricultural graduate involvement in agribusiness are access to family land, access to credit, the perceived benefit of agribusiness, attitudes, location, and gender. The key motivating factors for agricultural graduates' involvement in agribusiness are to be financially independent, be self-employed, be food secure, be employers, and due to access to land, and credit. On the other hand, lack of access to land, lack of capital, the risk involved in agriculture, poor agricultural pricing, poor agricultural support from the government, and seeking a white-collar job are the key reasons for non-participation in agribusiness by some agricultural graduates.

To enhance agricultural graduate participation in agricultural enterprises, there is a need for the provision of accessible arable land and capital (grants and/or credit) by the government, development agencies, and financial institutions. Graduates' participation in agricultural enterprises could only be effective when there are available resources, both materially and financially, that could promote effective delivery. Graduates will not be motivated, and their attitude toward venturing into agricultural enterprises could be hampered if there is no availability of resources. Hence, they should be encouraged and supported with every needed resource to ensure effective participation in an agricultural enterprise. The establishment of agribusiness villages (a large expanse of land for agriculture and related activities) with the needed modern facilities by the government will solve the problem of land constraint among agricultural graduates. They can also be encouraged through the subsidization of agricultural

inputs such as fertilizers and improved seeds and seedlings. The agricultural graduates on their side should join resources to form an association (cooperative society), where they can help themselves financially and enjoy economies of scale.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: RM, FEA, CFE.; Design: RM, FEA, CFE.; Data Collection or Processing: RM, CFE; Statistical Analyses: RM; Literature Search: RM, FEA, CFE; Writing, Review and Editing: RM, FEA, CFE.

References

- Adeyanju, D., Mburu, J. and Mignouna, D. (2021). Youth agricultural entrepreneurship: assessing the impact of agricultural training programmes on performance. *Sustainability*, 13(4): 1697. <https://doi.org/10.3390/su13041697>
- Afande, F. O., Maina, W. N. and Maina, P. M. (2015). Youth engagement in agriculture in Kenya: challenges and prospects. *Journal of Culture, Society and Development*, 7: 4–19.
- Akanbi, S.O., Mukaila, R. and Adebisi, A. (2022). Analysis of rice production and the impacts of the usage of certified seeds on yield and income in Cote d'Ivoire. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. <https://doi.org/10.1108/JADEE-04-2022-0066>
- Akrong, R. and Kotu, B. H. (2022). Economic analysis of youth participation in agripreneurship in Benin. *Heliyon*, 8: e08738. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08738>
- Baah, C. (2015). *Assessment of the youth in agriculture programme in Ejura-Sekyedumase District*. (Ph.D. Thesis) University of Science and Technology, Ghana. <http://hdl.handle.net/123456789/6934> (Accessed Date: 04.06.2022).
- Cheteni, P. (2016). Youth participation in agriculture in the Nkonkobe District Municipality, South Africa. *Journal of Human Ecology*, 55(3): 207-213. <https://doi.org/10.1080/09709274.2016.11907025>
- Daum, T. and Regina, B. (2017). The neglected governance challenges of agricultural mechanisation in Africa – Insights from Ghana. *Food Security*, 9(5): 959–979. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0716-9>
- Falola, A., Mukaila, R. and Abdulhamid, K. (2022b). Informal finance: its drivers and contributions to farm investment among rural farmers in Northcentral Nigeria. *Agricultural Finance Review*, 82(5): 942-959. <https://doi.org/10.1108/AFR-08-2021-0116>
- Falola, A., Mukaila, R., Lawal, T. F. and Akinsuyi, M. A. (2022a). Commercialization of pigeon pea production: Its determinants and constraints. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(4): 840-849. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1113523>
- Fasakin, I. J., Ogunniyi, A. I., Bello, L. O., Mignouna, D., Adeoti, R., Bamba, Z., Abdoulaye, T. and Awotide, B. A. (2022). Impact of intensive youth participation in agriculture on rural households' revenue: evidence from rice farming households in Nigeria. *Agriculture*, 12: 584. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050584>
- Fletschner, D. and Kenney, L. (2014). Rural Women's Access to Financial Services: Credit, Savings, and Insurance. In: Quisumbing, A., Meinzen-Dick, R., Raney, T., Croppenstedt, A., Behrman, J., Peterman, A. (eds) *Gender in Agriculture*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8616-4_8 (Accessed Date: 04.01.2023).
- Gbigbi, T. M. (2022). Agricultural bank of credit intervention and the application of big push theory to beneficiaries from farmers: evidence from Nigeria. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(2): 237-247. <https://doi.org/10.33462/jotaf.867593>
- Geza, W., Ngidi, M., Ojo, T., Adetoro, A. A., Slotow, R. and Mabhaudhi, T. (2021). Youth participation in agriculture: a scoping review. *Sustainability*, 13(16): 9120. <https://doi.org/10.3390/su13169120>
- Gichimu, B. M. and Njeru, L. K. (2014). Influence of access to land and finances on Kenyan youth participation in agriculture: A review. *International Journal of Development and Economic Sustainability*, 2(3): 1 – 8.
- Ibrahim, J. T., Mazwan, M. Z. and Mufriantje, F. (2021). Factors affecting rural youth interest in agriculture in Probolinggo District Indonesia. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*, 8(1): 59-66. <https://doi.org/10.20431/2349-0381.0801008>
- ILO (2020). *Global Employment Trends for Youth 2020: Technology and the future of jobs*. International Labour Office– Geneva: ILO. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_737648.pdf (Accessed Date: 03.12.2022).
- Lindsjö, K., Mulwafu, W., Djurfeldt, A. A. and Joshua, M. K. (2021). Generational dynamics of agricultural intensification in Malawi: challenges for the youth and elderly smallholder farmers. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19(5-6): 423-436. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1721237>
- Liu, J., Wang, M., Yang, L., Rahman, S. and Sriboonchitta, S. (2020). Agricultural productivity growth and its determinants in South and Southeast Asian countries. *Sustainability*, 12(12): 4981. <https://doi.org/10.3390/su12124981>
- Mabe, F. N., Danso-Abbeam, G., Azumah, S. B., Amoh Boateng, N., Mensah, K. B. and Boateng, E. (2021). Drivers of youth in cocoa value chain activities in Ghana. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11(4): 366-378. <https://doi.org/10.1108/JADEE-10-2019-0177>
- Magagula, B. and Tsvakirai, C. Z. (2020). Youth perceptions of agriculture: influence of cognitive processes on participation in agripreneurship. *Development in Practice*, 30(2): 234–243. <https://doi.org/10.1080/09614524.2019.1670138>
- Maritim, K. D. (2020). *Assessment of factors influencing youth participation in agri-business in Kericho county, Kenya*. (MSc. Thesis) Faculty of Business and Economics, Kenya Methodist University. <http://repository.kemu.ac.ke/handle/123456789/934> (Accessed Date: 03.06.2022).
- Mukaiila R. (2022). Agricultural entrepreneurship among the youth: The case of youth involvement in rabbit production in Nigeria. *International Entrepreneurship Review*, 8(1): 35-46. <https://doi.org/10.15678/IER.2022.0801.03>
- Mukaiila, R., Obetta, A. E. and Ogbu, M.C. (2022). Profitability of melon processing among women in Enugu State, Nigeria. *Journal of Tekirdag Faculty*, 19(3): 620-631. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1049260>
-


- Mukasa, A. N., Woldemichael, A. D., Salami, A. O. and Simpasa, A. M. (2017). Africa's agricultural transformation: identifying priority areas and overcoming challenges. *Africa Economic Brief*, 8(3): 1–16.
- Mulema, J., Mugambi, I., Kansime, M., Chan, H. T., Chimalizeni, M., Pham, T. X. and Oduor, G. (2021). Barriers and opportunities for the youth engagement in agribusiness: empirical evidence from Zambia and Vietnam. *Development in Practice*, 31 (5): 690-706. <https://doi.org/10.1080/09614524.2021.1911949>
- Muthomi, E. (2017). *Challenges and opportunities for youth engaged in agribusiness in Kenya*. (Ph.D. Thesis) United States International University-Africa. <http://erepo.usiu.ac.ke/handle/11732/3273;jsessionid=95EE58AD1153FA1C1D7481ABE4A56B6A> (Accessed Date: 03.01.2023).
- National Bureau of Statistics (2022). Unemployment Statistics. <https://nigerianstat.gov.ng>. (Accessed Date: 03.01.2023).
- Ng'atigwa, A. A., Hepelwa, A., Yami, M. and Manyong, V. (2020). Assessment of factors influencing youth involvement in horticulture agribusiness in Tanzania: a case study of Njombe region. *Agriculture*, 10(7): 287. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070287>
- Ogunmodede, A. M., Ogunsanwo, M. O. and Manyong, V. (2020). Unlocking the potential of agribusiness in Africa through youth participation: an impact evaluation of N-power agro empowerment program in Nigeria. *Sustainability*, 12 (14): 5737. <https://doi.org/10.3390/su12145737>
- Osobohien, R., Wiredu, A. N., Nguet, P. M. D., Mignouna, D. B., Abdoulaye, T., Manyong, V., Manyong, V., Bamba, Z. and Awotide, B. A. (2021). Youth participation in agriculture and poverty reduction in Nigeria. *Sustainability*, 13(14): 7795. <https://doi.org/10.3390/su13147795>
- Salleh B. M. and Njeru, L. K. (2005). Influence of access to land and finances on Kenyan youth participation in agriculture: A review. *International Journal of Development and Economic Sustainability*, 2 (3): 78-89. <https://doi.org/10.9734/AJAEES/2015/15178>
- Thomas, K. A. and Eforuoku, F. (2016). Determinants of participation in youth-in-agriculture programme in Ondo state, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 20(2): 104-117. <https://doi.org/10.4314/jae.v20i2.8>
- Twumasi, M. A., Jiang, Y. and Acheampong, M. O. (2019). Determinants of agriculture participation among tertiary institution youths in Ghana. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 11(3): 56–66.
- Udemzue, J. C. (2019). Agriculture for all: Constraints to youth participation in Africa. *Current Investigation in Agriculture and Current Research*, 7 (2): 904-908. <https://doi.org/10.32474/CIACR.2019.07.000256>
- Yami, M., Feleke, S., Abdoulaye, T., Alene, A. D., Bamba, Z. and Manyong, V. (2019). African rural youth engagement in agribusiness: achievements, limitations, and lessons. *Sustainability*, 11(1): 185. <https://doi.org/10.3390/su11010185>
- Yusoff, A., Ahmad, H. N. and Halim, A. H. (2016). Entrepreneurial orientation and agropreneurial intention among Malaysian agricultural students: The impact of agropreneurship education. *Advance in Business-Related Scientific Research Journal*, 7(1): 78-96.


Bitki Gelişimini Destekleyici Rizobakteriler ve Kimyasal Gübrelerin Domates Yetiştiriciliğine Etkisi***The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Chemical Fertilizers on Tomato Cultivation****Cengiz DÖNMEZ^{1*}, Mesude Figen DÖNMEZ², Işıl TEMEL³, İrfan ÇORUH⁴****Öz**


Mevcut çalışmada, örtü altı domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri ve kimyasal gübre uygulamalarının domatesin bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada yer alan bakteriler bakteri I (*Stenotrophomonas maltophilia* strain BY-44, *Bacillus licheniformis* strain HK-13 ve *Pseudomonas putida* strain NK-12) ve bakteri II (*Pseudomonas fluorescens* strain FC-42, *Bacillus subtilis* strain SK-26 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK-63) uygulaması olmak üzere iki farklı grup olarak uygulanmıştır. Kimyasal gübre programına paralel olarak bitkilere azot içerikli (NPK) gübre verildiğinde bakteri uygulamaları için azot fikse edebilme özelliğine sahip NK-12 ve SK-26 strainleri, fosfor içerikli (NPK) ve saf gübreler verildiğinde fosfor çözebilme özellikleri pozitif olan BY-44 ve SK-63 strainleri, potasyum oranı yüksek NPK gübrelerin uygulandığı dönemde ise potasyumu çözebilen HK-13 ve FC-42 strainleri karıştırılmadan tek olarak inokule edilmiştir. Deneme, 2017 yılında Hasyurt'da (Finike-Antalya) bulunan plastik serada, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada yer alan uygulamaların domateste salkım sayısı, birikimli meyve sayısı, meyve boyu, meyve çapı, meyve sertliği, ortalama meyve ağırlığı, erkenci verim, birikimli verim, meyve kuru ağırlığı, toplam suda çözünebilir kuru madde, meyve suyunun pH değeri ve titre edilebilir asit miktarına etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda bakteri I ve bakteri II uygulamalarının ortalama meyve ağırlığı, meyve çapı, toplam suda çözünebilir kuru madde, meyve suyunun pH değeri, meyve kuru ağırlığı ve meyve sertliği açısından kimyasal gübre uygulaması ile arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Bakteri II uygulamasının meyve boyuna etkisinin kimyasal gübre uygulaması ile aynı olduğu, titre edilebilir asit miktarına etkisinin de istatistiki olarak kimyasal gübre uygulamasıyla aynı grupta yer aldığı görülmüştür. Birikimli meyve sayısı, meyve boyu, erkenci verim ve birikimli verim parametrelerinde en yüksek değerlerin kimyasal gübre uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca uygulamalarda kullanılan bakteri stainlerinin IAA, siderofor, ACC-deaminaz ve katalaz gibi bitki gelişimini teşvik mekanizmaları araştırılmıştır. En yüksek IAA *Bacillus licheniformis* strain HK-13'de (61.24µg ml⁻¹), en yüksek siderofor üretimi *Pseudomonas putida* strain NK-12'de (36 mm) bulunmuştur. Strainlerin hepsinin ACC- deaminaz ve katalaz enzimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bakteri I ve bakteri II uygulamalarının birçok parametrede kimyasal gübre uygulaması ile aynı veya yakın sonuç vermesi domates yetiştiriciliğinde bakteri uygulamalarına yer verilmesinin kimyasal gübre kullanımının azaltılmasında etkili olacağını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: PGPR, Biyogübre, Verim, Kalite, *Solanum lycopersicum*

¹Cengiz Dönmez, İğdir Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İğdir, Türkiye. E-mail: cengiz.dmz@hotmail.com  OrcID: 0009-0007-1966-6151

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mesude Figen Dönmez, İğdir Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İğdir, Türkiye. E-mail: sudefigen@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-7992-8252

³Işıl Temel, İğdir Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İğdir, Türkiye. E-mail: isil.temel@hotmail.com  OrcID: 0000-0001-5968-3609

⁴İrfan Çoruh, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: icoruh@atauni.edu.tr  OrcID: 0000-0002-6569-6163
Atıf: Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I., Çoruh, İ. (2024). Bitki gelişimini destekleyici rizobakteriler ve kimyasal gübrelerin domates yetiştiriciliğine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 416-428.

Citation: Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I., Çoruh, İ. (2024). The effect of plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on tomato cultivation. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 416-428.

*Bu Çalışma Cengiz Dönmez'in 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 2024

Abstract

In the current study, the effects of root bacteria and chemical fertilizer applications that promote plant growth in greenhouse tomato cultivation on some yield and quality characteristics of tomato were investigated. Bacteria in the study were applied as two different groups, bacteria I (*Stenotrophomonas maltophilia* strain BY-44, *Bacillus licheniformis* strain HK-13 and *Pseudomonas putida* strain NK-12) and bacteria II (*Pseudomonas fluorescens* strain FC-42, *Bacillus subtilis* strain SK-26 and *Rhizobium radiobacter* strain SK-63). Parallel to the chemical fertilizer program, NK-12 and SK-26 strains, which have the ability to fix nitrogen when nitrogen-containing (NPK) fertilizers were applied to the plants, and BY-44 and SK-26 strains, which have positive phosphorus dissolving properties when phosphorus-containing (NPK) and pure fertilizers were applied, HK-13 and FC-42 strains, which can dissolve potassium when NPK fertilizers with high potassium content were applied were inoculated individually, without mixing. The experiment was established in a plastic greenhouse located in Hasyurt (Finike-Antalya) in 2017, according to the randomized plots trial design and was conducted out with 3 replications. In the study the number of tomato cluster, cumulative fruits, fruit size, fruit diameter, fruit hardness, average fruit weight, early yield, cumulative yield, fruit dry weight, total water-soluble dry matter, pH value of fruit juice and titrable acid amount were evaluated. As a result of the applications, it was determined that there was no statistically significant difference between the applications of bacteria I and bacteria II with chemical fertilizer application in terms of average fruit weight, fruit diameter, total water-soluble dry matter, pH value of fruit juice, fruit dry weight and fruit hardness. It was found that the effect of bacteria II application on fruit length was the same as chemical fertilizer application. In addition, it was observed that the effect of bacteria II application on the amount of titratable acid was statistically in the same group as chemical fertilizer application. It was determined that the highest values in cumulative fruit number, fruit size, early yield and cumulative yield parameters were obtained from chemical fertilizer application. In addition, plant growth promoting mechanisms (IAA, siderophore, ACC-deaminase and catalase) of bacterial stains used in applications were investigated. The highest IAA was found in *Bacillus licheniformis* strain HK-13 (61.24 µg ml⁻¹), the highest siderophore production was found in *Pseudomonas putida* strain NK-12 (36 mm). It has been determined that all of the strains have ACC-deaminase and catalase enzymes. The results showed that including bacterial applications in tomato cultivation would be effective in reducing the use of chemical fertilizers.

Keywords: PGPR, Biofertilizer, Yield, Quality, *Solanum lycopersicum*

1. Giriş

İnsan sağlığının korunması ve beslenme açısından önemli bir yere sahip olan domates (*Solanum lycopersicum* L.), diğer sebzelere kıyasla daha kolay yetiştirilebilmesi ve iklim değişikliklerine dayanıklılığı ile en çok tercih edilen sebze türü olarak ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2007). Türkiye’de tarla ve örtü altı üretimi incelendiğinde, domatesin en fazla üretilen sebzelerin başında geldiği görülmektedir. Son dönemde örtü altı domates yetiştiriciliğinin yaygınlaşması ile birlikte hem domates üretim miktarı artmakta hem de üretim sezonu genişlemektedir. 2022 yılı verilerine göre Türkiye’de, domates üretiminin yapıldığı toplam plastik sera alanı 212.493 dekadır ve bu alanın 127.318 dekarı Antalya ilinde yer almaktadır. Konuya üretim açısından bakıldığında Türkiye’de plastik sera domates üretimi 3.466,581 ton’dur ve bu üretimin 2.057,085 tonu Antalya ilinden elde edilmektedir. Veriler plastik sera ekim alanı olarak Türkiye’nin domates üretiminde Antalya ilinin dikkate değer bir paya sahip olduğunu göstermektedir (TÜİK, 2022).

Tarımsal üretimde, bitki sağlığını ve toprak özelliklerini etkileyen en önemli sorunların başında bilinçsiz ve yoğun kimyasal gübre kullanımı gelmektedir. Son yıllarda bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria= PGPR)’nin kullanımı alternatif bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. PGPR’lar bitkinin kök aktivitesini artırarak bitkiler tarafından besin elementi alınımını arttırmakta, havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak bitkiye sunmakta, toprak yapısının iyileştirilmesinde düzenleyici olarak rol almakta, ürettikleri fosfataz, fitaz ve C-P liyaz enzimleri ile toprakta bitkiye yararlı formda bulunan fosfatı kullanılabilir forma dönüştürmekte ve potasyumu çözebilme özellikleri sayesinde toprak verimliliğini arttırmaktadır (Mason D’Croz ve ark., 2019; Yilihamu ve ark., 2020; Babalola ve ark., 2021). Ayrıca bitki gelişimini teşvik de rol oynayan bitkisel hormonları üretmekte, ACC-deaminaz enzim aktivitesi yoluyla etilen sentezine engel olmakta, ağır metallerin bitkiler tarafından alınmasını kısıtlamakta, ürettikleri polisakkaritlerle toprakta agregatlaşmayı arttırmakta, artan bitki enzim aktivitesi ile abiyotik stres koşullarına (radyasyon, yüksek sıcaklık, metal toksisitesi, kuraklık, tuzluluk vb.) karşı bitkilerin dayanıklılığını arttırmaktadırlar (Lugtenberg ve Kamilova 2009; Venkadesaperumal ve ark., 2014; Numan ve ark., 2018). Ayrıca PGPR’lar fitopatogen fungusların çim tütü ve spor oluşumunu inhibe etmekte, antimikrobiyal bileşikler (pyrrolnitrin, kanosamin, butirolacton, oligomisin A, oomycin A, 7 pyoluteorin, mycobacillin, subtilin, pantocin, viscosinamid ve iturin A) veya fungal hücre duvarını parçalayan litik enzimler (kitinaz, sellulaz ve glukonaz gibi) üreterek hastalık çıkışını azaltmakta veya engellemektedir (Karthika ve ark., 2020; Santoyo ve ark., 2021). Bunların yanında siderofor üretimi ile bitkinin demir alınımını arttırmakta, hidrojen siyanid (HCN) üretimi ile toprak kaynaklı patojenlerin gelişimini engellemekte ve bitkilerin savunma sistemini uyarmaktadır. Bu mekanizmalar bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde birbirinden bağımsız olarak veya aynı anda aktif olabilmektedir (Van Loon, 2007; Beneduzi ve ark., 2012; Berger ve ark., 2017).

Yetiştiricilikte kullanılan fosfor içerikli gübrelerin kaynağı olan fosfat kayası, çiftlik gübreleri ve tarımda kullanılan ilaçların bir kısmı önemli oranda toksik ağır metal içerebilmektedir. Endüstriyel ürünlerden elde edilen organik ve inorganik gübrelerde de ağır metal riski bulunmaktadır. Daha çok As, Cr, Cd, Hg, Ni ve Pb içeren bu gübrelerin toprağa verilmesi ile toksik metaller kökler aracılığıyla bitkiye alınarak ürüne kadar taşınmaktadır. Bu tür gübrelerin kullanımı sadece toprak verimliliği ve ekosistem üzerinde değil, aynı zamanda besin zinciri yoluyla insan ve hayvan sağlığı üzerinde de önemli tehlikeler oluşturmaktadır (Ajilogba ve ark., 2013; Khalid ve ark., 2017; Verla ve ark., 2019; Kotan ve Tozlu, 2021). Aynı zamanda tarım ürünlerinde bulunan kalıntı, bu ürünlerin ihracatını da olumsuz yönde etkilemektedir (Gallo ve ark., 2020). Bitki beslemenin önemli unsurlarından biri olan PGPR’ların, tarımsal üretimde kullanılmaları ile en büyük girdi payına sahip olan kimyasal gübre tüketiminin azaltılabildiği, bitkisel ürünlerin miktar ve kalitesine olumlu katkılar sağladığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Niranjiyan ve ark., 2006; Saharan ve Nehra, 2011; Porcel ve ark., 2014; Cordero ve ark., 2018). Bu nedenle mevcut çalışmada, kimyasal gübre ve PGPR strainlerinin domates bitkisinde bazı verim ve kalite parametrelerine etkisinin sera üretim şartlarında karşılaştırılması ve kullanılan strainlerin bitki gelişimini teşvik mekanizmalarının (IAA ve siderofor üretimi, ACC-deaminaz ve katalaz aktivitesi) belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. 2.1. Çalışmada kullanılan bitki materyali, kimyasal gübreler ve bakteri strainleri

Antalya ilinde hakim çeşit olması sebebiyle Yüksel Tohum’dan temin edilen Gülpembe F1 domates çeşidi bitki materyali olarak kullanılmıştır. İlkbahar ve sonbahar dikimine uygun olup hasata hızlı gelen bir çeşittir. Meyveleri

parlak pembe renkli, az dilimli, sert ve raf ömrü uzundur. Boğum arası kısadır ve salkımda 4-5 adet meyve bulunmaktadır. Tat ve aroması çok iyidir. Domates mozaik tobamo virüsüne, *Verticillium dahliae*, *Verticillium albo-atrum* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*' ye dayanıklı bir çeşittir. Gübre olarak, Toros Tarım San. ve Tic. A.Ş. firmasından temin edilen wsf NPK gübreler (Toros Map 12.61.0, Toros MKP 0.52.34, Torosol 18.18.18, Torosol 15.30.15, Torosol 16.8.24, Torosol 20.10.20, organomineral gübre, Çinko ve Bor) ve Kuşbaba Tarım'dan temin edilen hüyük-fulvik asit içerikli organik madde kullanılmıştır. İğdır Üniversitesi, Fitopatoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan ve azot fikse edebilme, fosfor ve potasyum çözme özellikleri tespit edilmiş olan altı bakteri straini kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan strainlerin yağ asit metil ester analizine ait tanı sonuçları ve strainlere ait bazı özellikleri *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Bakteri strainlerinin FAME Analiz Sonucu ve bazı özellikleri

Table 1. FAME analysis result and some properties of bacterial strains

SN*	FAME Analiz Sonucu	Benzerlik indeksi (%)	N	P	K
HK-13	<i>Bacillus licheniformis</i>	66	K ⁺	-	+
NK-12	<i>Pseudomonas putida</i>	53	K ⁺	+	-
BY-44	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	83	+	K ⁺	+
SK-63	<i>Rhizobium radiobacter</i>	59	+	K ⁺	-
SK-26	<i>Bacillus subtilis</i>	66	K ⁺	+	-
FC-42	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	78	+	+	K ⁺

*SN: Strain no, FAME; Fatıy asit metil ester, N: Azot fikse etme özelliği, P: Fosfor çözme özelliği, K: Potasyum çözme özelliği, +: Pozitif, -: Negatif, K+: Kuvvetli pozitif

2.2. Deneme planı ve PGPR grupları

Deneme, Antalya'nın Finike ilçesine bağlı Hasyurt mahallesinde yer alan plastik serada tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışma bakteri uygulaması I (*Stenotrophomonas maltophilia* strain BY-44, *Bacillus licheniformis* strain HK-13 ve *Pseudomonas putida* strain NK-12), bakteri uygulaması II (*Pseudomonas fluorescens* strain FC-42, *Bacillus subtilis* strain SK-26 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK-63), kimyasal gübre ve negatif kontrol olmak üzere 4 uygulamadan oluşmuştur. Her parselde 15 domates fidesi olacak şekilde toplam 180 fide ile çalışma yürütülmüştür.

2.3. Bakteri solüsyonlarının hazırlanması

Nutrient Agar besi ortamında geliştirilen bakteriler, içerisinde Nutrient Broth (NB) bulunan steril erlenmayerlere aktarılmıştır. Kontamine edilen sıvı besi ortamları 140 rpm' de 28°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 1 gece inkübasyona bırakılmıştır. Hazırlanan inokulumun konsantrasyonu turbitimetre ile 10⁸ CFU ml⁻¹ olarak ayarlanmıştır.

2.4. Bitkilere kimyasal gübrelerin uygulanması

Dikimden sonraki 7-10 günlük sürede 3 günde bir damlama sulama sisteminden 15-20 dk süreyle sulama yapılmıştır. Bitkide hızlı kök oluşumunu sağlamak için Genta firmasına ait Spinter+Plus (6-30-0) yaprak gübresinden 400 g sulama suyu ile verilmiş ve bu uygulama 2 kez tekrarlanmıştır. MAP (12.61.0) uygulaması dönüme 1.5 kg olacak şekilde 20 gün süreyle 7 günde bir ortalama 25-30 dk damlama sulama sistemi ile verilmiştir. Bir gübrelemede MKP (0.52.34) dönüme 2 kg olarak uygulanmıştır. MAP içerisine NPK (18.18.18) eklenerek bir hafta ara ile 4 kez damlama sulamadan verilmiştir. 3 sulamada bir magnezyum nitrat 1.5 kg da⁻¹ olarak damlama sulama sistemi ile uygulanmıştır. Bitki 4. veya 5. meyve salkımına geldiğinde NPK (18.18.18) ve NPK (16.08.24) uygulaması 3'e 1 oranında yapılmıştır. Bu uygulama içerisine de magnezyum sülfat 2 sulamada bir olarak 2 kg damlama sulama sistemi ile verilmiştir. Bitkide 6. meyve salkımında tepe körlemesi yapılmış ve hasat döneminin sonuna kadar NPK (16.08.24) verilmesine devam edilmiştir. MAP uygulaması yapılmaya başladıktan sonra 3 sulamada bir dönüm başına kalsiyum nitrat 2.5 kg ve yarım litre nitrik asit uygulanmıştır. Bu aşamada dönüm başına hüyük-fulvik asit içeren ürünlerden 2 litre damlama sulama sistemine ait tanka eklenmiştir.

2.5. Domates bitkilerine bakterilerin inokulasyonu

Kimyasal gübre programına paralel olarak bakteri uygulaması yapılmıştır ve bakteri strainlerinden hazırlanan solüsyonlar bitkilerin toprağına (100 ml bitki⁻¹) uygulanmıştır (Şekil 1). Bitkilere azot içerikli gübre verildiğinde bakteri uygulamaları için azot fikse edebilme özelliğine sahip NK-12 ve SK-26 strainleri, fosfor içerikli ve saf gübreler verildiğinde fosfor çözebilme özellikleri pozitif olan BY-44 ve SK-63 strainleri, potasyum oranı yüksek NPK gübrelerin uygulandığı dönemde ise potasyumu çözebilen HK-13 ve FC-42 strainleri karıştırılmadan tek olarak inokule edilmiştir.



Figure 1. Application of bacterial solutions to plant roots

Şekil 1. Bakteri solüsyonlarının bitki köklerine uygulanması

2. 6. Çalışmada incelenen parametreler

Çalışmada bitkilerin yetiştirme periyodu boyunca gerekli olan bütün kültürel işlemler yapılmış, yetiştirme süresi sonunda bitkiler verim ve meyve özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada yer alan uygulamaların; salkım sayısına (adet bitki⁻¹), erkenci verime, birikimli verime (gr parsel⁻¹), birikimli meyve sayısına (adet parsel⁻¹), ortalama meyve ağırlığına, meyve boyuna, meyve çapına, meyve sertliğine (delinme direnci), toplam suda çözünebilir kuru madde miktarına, meyve suyunun pH değerine ve titre edilebilir asit miktarına etkisi araştırılmıştır.

2.7. Çalışmada kullanılan strainlerin PGPR özelliklerinin belirlenmesi

2.7.1. Strainlerin indol asetik asit (IAA) üretimi

Bakteri strainlerinin IAA üretimi hazırlanan spesifik besi ortamında belirlenmiştir (Asghar ve ark., 2002). İçerisinde 20 ml NB besi ortamı bulunan 250 ml'lik erlenmayerler steril edilmiş ve her bir erlenmayer içerisine 0.2 µm por çaplı filtreden geçirilen %0.5' lik 5 ml tryptophane (L-TRP) ilave edilmiştir. Ardından bakteri kolonileri (1 öze) ilave edildikten sonra 24°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 120 rpm'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra süspansiyonlar falkon tüplere konularak 6000 rpm'de 10 dk. boyunca santrifüj edilmiştir. Filtre kâğıdından (Whatman, No:2) süzülerek elde edilen filtrat 10.000 rpm' de 5 dk santrifüje tabi tutulmuştur. Santrifüj işleminden sonra süpernatanttan 3 ml alınarak steril tüp içerisine aktarılmış ve üzerine 2 ml Salkowski ayracı (2 ml 0.5 M FeCl₃+98 ml %35 HClO₄) eklendikten sonra pembe renk oluşumu için 30 dk bekletilmiştir. Spektrofotometrede 535 nm'de okuması örneklerin absorbans değerleri kaydedilmiştir. Farklı ppm dozlarında (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm) IAA standart solüsyonları hazırlanmış ve 535 nm'de okunan absorbans değerleri kullanılarak JMP istatistik programında regresyon analizi yapılarak standart doğru grafiği (Şekil 2) çizilmiş ve standart doğru denklemi (y=17.23+48.37x) bulunmuştur. Örneklere ait değerler bu denklemde x yerine yazılarak bakterilerin ürettiği IAA miktarları µg/ml olarak hesaplanmıştır.

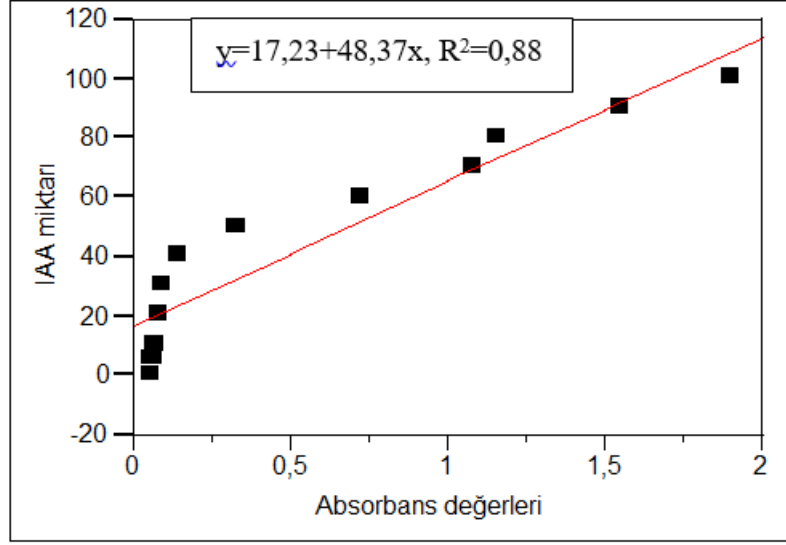


Figure 2. Standard graphic of IAA solutions prepared at different doses ($p<0.001$)

Şekil 2. Farklı dozlarda hazırlanan IAA solüsyonlarının standart grafiği ($p<0.001$)

2.7.2. Strainlerin siderofor üretimi

Strainlerin siderofor üretimi Crom Azurol S (CAS) agar besi ortamında test edilmiştir. Besi ortamı aşağıda belirtilen şekilde hazırlanmıştır:

CAS solüsyonu; a (0.06 g CAS 50 ml sdH₂O), b (0.0027 g FeCl₃6H₂O 10 ml HCl) ve c (0.073 g HDTMA 40 ml saf su) çözeltileri ayrı ayrı hazırlanıp birleştirilerek otoklavlanmıştır. Mineral tuz solüsyonu; pH~ 12 olan salt stok solüsyonu (15 g KH₂PO₄, 25 g NaCl, 50 g NH₄Cl, 500 ml saf su) ve %20 glukoz stok solüsyonu (20 g glukoz, 100 ml saf su) ayrı ayrı hazırlanmıştır. Casamino asit solüsyonu; 4 g casamino asit, 36 ml saf su ve 1.08 g %3' lük 8-hydroxyquinoline 36 ml kloroform karıştırılarak hazırlanmıştır ve 24 saat bekletildikten sonra 0.22 µl' lik filtreden geçirilerek besi ortamına katılmıştır. D solüsyonu; 750 ml saf suya 100 ml salt stok solüsyonundan ilave edilmiş, pH 6' ya ayarlandıktan sonra 32.24 g Pipes (piperazine-N,N'-bis(2-ethanesulfonic acid) yavaş yavaş eklenmiştir. pH 6.8'e ayarlandıktan sonra 15 gram agar ilave edilerek ortam otoklavlanmıştır. Steril kabin içerisinde D solüsyonuna 30 ml steril casamino asit solüsyonu ve 10 ml steril %20' lik glukoz solüsyonundan eklendikten sonra 100 ml olan A solüsyonu yavaşça köpük oluşumuna izin vermeden ortama eklenmiştir. Hazırlanan besi ortamı dikkatli bir şekilde petrilere dökülerek soğutulmuştur. Bakteri strainleri çizgi ekimle 4 ayrı noktaya inokule edilmiş ve 27°C' de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bakteri gelişiminin etrafında portakal renkli alanın oluşması siderofor üretimi pozitif olarak değerlendirilmiş ve bu alanın çapı ölçülerek kaydedilmiştir (Louden ve ark., 2011).

2.7.3. ACC-deaminaz testi

Bakteri strainlerinin bitkilerde oluşan zararlı etilen üretimini baskılayan 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase (ACC-deaminaz) enzimini üretebilme yetenekleri Penrose ve Glick (2003)' in belirttiği yöntemle göre DF besi ortamı kullanılarak değerlendirilmiştir. Strainlerin çizgi ekim metodu ile ekimleri yapılmış ve ardından petrilere 27°C' ye ayarlı inkübatörde 48-72 saat bekletilerek koloni gelişimleri gözlemlenmiştir. Gelişim gösteren strainler ACC-deaminaz pozitif olarak belirlenmiştir.

2.7.4. Katalaz testi

Katalaz enziminin varlığını belirlemek amacıyla bakteri strainleri NA besi ortamında geliştirilmiş ve gelişen kültürlerden bir öze alınarak lam üzerine konulmuş ve 1 damla H₂O₂ damlatılmıştır. Koloni yüzeyinde kabarcık oluşumu pozitif olarak değerlendirilmiştir (Klement ve ark., 1990).

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilere SPSS (17.0) paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 hata payı ile yapılan LSD testiyle belirlenmiştir (SPSS, 2010).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Çalışmada incelenen parametreler

Üretim sezonunun sonunda incelenen parametrelere dair gerekli ölçümler yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde bitkilerde yapılan dört uygulamada da (bakteri I, bakteri II, kimyasal gübre ve negatif kontrol) bitki başına salkım sayısı 6 olarak belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlığı bakteri I uygulamasında 210 g, bakteri II uygulamasında 216 g ve kimyasal gübre uygulamasında 219 g saptanmıştır. Negatif kontrol uygulamasında ise bu değer 201 g olarak tespit edilmiştir. Çalışmada yer alan bütün uygulamaların negatif kontrole kıyasla daha iyi sonuç verdiği, kimyasal gübre ve bakteri II uygulamalarından elde edilen sonuçların birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Meyve çapı bakteri II uygulamasında 7.7 cm ve kimyasal gübre uygulamasında 8 cm olarak ölçülürken, bakteri I uygulamasında ve negatif kontrolde 7.5 cm olarak belirlenmiştir. Uygulamaların bitki başına salkım sayısına, ortalama meyve ağırlığına ve meyve çapına etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Bakteri I (BY-44, HK-13 ve NK-12) uygulamasının yapıldığı parselde 15.05 kg, bakteri II (FC-42, SK-23 ve SK-63) uygulamasının yapıldığı parselde 15.9 kg, kimyasal gübre uygulaması yapılan parselde 16.61 kg ve negatif kontrolde 11.68 kg verim elde edilmiştir. Erken verim için en yüksek değer kimyasal gübre uygulamasından alınırken her iki bakteri uygulamasının da negatif kontrole kıyasla daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Birikimli verim bakteri I uygulamasında (BY-44, HK-13 ve NK-12) 44.3 kg, bakteri II uygulamasında (FC-42, SK-23 ve SK-63) 49.4 kg, kimyasal gübre uygulamasında 51.9 kg ve negatif kontrolde 34 kg olarak tespit edilmiştir. Her iki bakteri uygulamasından da kontrole kıyasla oldukça iyi sonuç alındığı, kimyasal gübre uygulamasının ise tüm uygulamalar arasında en yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır. Birikimli meyve sayısı kimyasal gübre uygulamasında 237, negatif kontrolde 169 adet olarak sayılmıştır. Bakteri I ve II uygulamalarında ise bu değer sırasıyla 211 ve 229 adet olarak kaydedilmiştir. Meyve boyu değerleri bakteri II ve kimyasal gübre uygulamasında 7 cm, bakteri I uygulaması ve negatif kontrolde 6.5 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Uygulamaların birikimli meyve sayısı, birikimli meyve boyu, erkenci verim ve birikimli verime etkisi istatistiki olarak ($p>0.05$) önemli bulunmuştur.

Tablo 2. Uygulamaların domateste bazı verim parametrelerine etkisi

Table 2. The effects of the applications on some yield parameters in tomato

BMS*	OMA (gr meyve ⁻¹)	MB (cm)	MÇ (cm)	EV (kg)	BV (kg)	
B-I	211.0±1.732 ^c	210.0±1.732 ^{ns**}	6.50±0.115 ^b	7.5±0.288 ^{ns}	15.05 ±0.017 ^b	44.33±0.145 ^b
B-II	229.0±1.732 ^b	216.0±1.732 ^{ns}	7.0±0.115 ^a	7.7±0.173 ^{ns}	15.09±0.014 ^b	47.70±1.800 ^{ab}
KG	237.0±1.732 ^a	219.0±1.732 ^{ns}	7.0±0.057 ^a	8.0±0.115 ^{ns}	16.61±0.008 ^a	51.93±0.033 ^a
NK	169.0±1.732 ^d	167.6±34.844 ^{ns}	6.5±0.057 ^b	7.5±0.057 ^{ns}	11.68±0.014 ^c	33.66±2.027 ^c
Sig.	0.000	0.212	0.004	0.240	0.000	0.000

* BMS; Birikimli meyve sayısı, OMA; Ortalama meyve ağırlığı, MB; Meyve boyu MÇ; Meyve çapı EV; Erkenci verim, BV; Birikimli verim, B-I; Bakteri I, B-II; Bakteri II, KG; Kimyasal Gübre, NK; Negatif Kontrol

**ns; Nonsignificant, Sig; Significant, ^{a,b,c}; Değerler üç tekrerrü ortalamasıdır ve farklı harfler gruplar arasındaki farklılıkları göstermektedir

Meyve sertliği bakteri I uygulaması yapılan meyvelerde 65, bakteri II uygulaması yapılan meyvelerde 68, kimyasal gübre uygulaması yapılan meyvelerde 67 ve negatif kontrolde yer alan meyvelerde 62 olarak saptanmıştır. Meyve kuru ağırlığına ait değerler bakteri II ve kimyasal gübre uygulamalarında %72, bakteri I uygulamasında %75 ve negatif kontrolde %78 olarak belirlenmiştir. Toplam suda çözülebilir kuru madde miktarı bakteri II ve kimyasal gübre uygulamalarında 4.7, bakteri I uygulamasında 4.4 ve negatif kontrolde 4.3 olarak tespit edilmiştir. Meyve suyunun pH değeri bakteri I ve II uygulamalarında 4.8, kimyasal gübre uygulamasında 4.5, negatif kontrolde 4.86 olarak ölçülmüştür. Uygulamaların meyve sertliği, meyve kuru ağırlığı, toplam suda çözülebilir kuru madde miktarı ve meyve suyunun pH değerindeki değişimine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların titre edilebilir asit miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olduğu ($p>0.05$) tespit

edilmiş ve titre edilebilir asit miktarı en düşük negatif kontrol grubunda (2.95), en yüksek kimyasal gübre uygulamasında (3.35) bulunmuştur. Bakteri I ve II uygulamalarında ise bu değer sırasıyla 3.18 ve 3.0 olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Uygulamaların domateste bazı kalite parametrelerine etkisi

Table 3. The effects of applications on some quality parameters in tomato

UYG	TA (mval 100 ml ⁻¹)	TŞÇKM (%)	pH	MKA (%)	MS (N)*
B-I	3.18±0.011 ^b	4.4±0.057 ^{ns**}	4.8±0.115 ^{ns}	75±1.732 ^{ns}	65±1.732 ^{ns}
B-II	3.40±0.023 ^a	4.7±0.115 ^{ns}	4.8±0.173 ^{ns}	72±1.732 ^{ns}	68±1.732 ^{ns}
KG	3.35±0.017 ^a	4.7±0.057 ^{ns}	4.86±0.34 ^{ns}	78±1.732 ^{ns}	67±1.732 ^{ns}
NK	2.95±0.023 ^c	4.3±0.173 ^{ns}	4.5±0.173 ^{ns}	72±1.54 ^{ns}	62±1.732 ^{ns}
Sig.	0.000	0.074	0.308	0.084	0.150

*TA: Titre edilebilir asit, TŞÇKM: Toplam suda çözülebilir kuru madde, MS: Meyve sertliği, MKA: Meyve kuru ağırlığı, B-I: Bakteri I uygulaması (BY-44; *Stenotrophomonas maltophilia*, HK-13; *Bacillus licheniformis* ve NK-12; *Pseudomonas putida*), B-II: Bakteri II uygulaması (FC-42; *Pseudomonas fluorescens*, SK-26; *Bacillus subtilis* ve SK63; *Rhizobium radiobacter*), UYG: Uygulamalar, KG: Kimyasal Gübre, NK: Negatif Kontrol
**ns; Nonsignificant, Sig; Significant, ^{a,b,c}: Değerler üç tekerrür ortalamasıdır ve farklı harfler gruplar arasındaki farklılıkları göstermektedir

3.2. Çalışmada kullanılan strainlerin PGPR özellikleri

Yapılan çalışmada kullanılan bakteri strainlerinin IAA üretimleri kolometrik olarak belirlenmiştir. Test edilen bakteriler arasında *Bacillus licheniformis* strain HK-13, *Pseudomonas putida* strain NK-12, *Pseudomonas fluorescens* strain FC-42 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK-63'ün indol asetik asit ürettiği tespit edilmiştir. *Stenotrophomonas maltophilia* strain BY44 hariç strainlerin tamamında siderofor üretimi belirlenmiştir. Bitki gelişimini teşvik mekanizmalarından biri olan ACC-deaminaz üretimi strainlerin tamamında pozitif bulunmuştur. Test edilen tüm strainlerin katalaz enzimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada test edilen bakterileri PGPR özelliklerine ait sonuçlar Tablo 4' te sunulmuştur.

Tablo 4. Bakteri strainlerin PGPR özelliklerine ait sonuçlar

Table 4. Results of PGPR properties of bacterial strains

Strainler	Sid.(mm)*	IAA (µg ml ⁻¹)	ACC-d.	KAT
<i>Bacillus licheniformis</i> strain HK-13	4	61.24	+	+
<i>Pseudomonas putida</i> strain NK-12	36	60.76	+	+
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain BY-44	-	-	Z+	+
<i>Rhizobium radiobacter</i> strain SK-63	6	39.48	Z+	+
<i>Bacillus subtilis</i> strain SK-26	8	-	+	+
<i>Pseudomonas fluorescens</i> strain FC-42	35	40.44	+	+

*Sid: Siderofor, IAA: İndol asetik asit, ACC-d: ACC-deaminaz, KAT: Katalaz

Tabloda yer alan değerler incelendiğinde, strainler arasında en yüksek siderofor üretimi *Pseudomonas putida* NK-12' de, en yüksek IAA üretimi *Bacillus licheniformis* HK-13' de görülmektedir. Genel olarak elde edilen veriler değerlendirildiğinde bütün uygulamaların negatif kontrole kıyasla daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Domateste en yüksek verim kimyasal gübre uygulaması yapılan bitkilerden elde edilmiş, bu uygulamayı takiben bakteri II uygulamasının da kimyasal gübre uygulaması kadar etkili sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* ve *Stenotrophomonas* cinslerine ait 6 rizobakteri kullanılmıştır. Çalışmada yer alan strainlerin tamamının azotu fikse ettiği, 5 strainin fosfor, 2 strainin de potasyum

çözembilme yeteneğinde olduğu bilinmektedir. Strainlerin bu özellikleri ile domateste verim ve kalitenin artırılmasında rol oynadıkları düşünülmektedir. Sonuçlarımıza paralel olarak yapılan çeşitli araştırmalarda faydalı bakterilerin azot fikse edebilme, fosfat ve potasyum çözembilme özellikleri ile bitkiler tarafından besin elementlerinin alımını arttırarak bitki gelişimini teşvik ettikleri ifade edilmektedir (Aseri ve ark., 2009; Bashir ve ark., 2017). Örneğin PGPR kullanımının domates gelişimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada *Pseudomonas putida* strain HV 24'ün kuvvetli azot fikse etme yeteneğine sahip olduğu ve bitkinin ana kök uzunluğu, gövde uzunluğu, gövde kalınlığı ve dal sayısı üzerine önemli ölçüde etki ettiği rapor edilmiştir (Şahin ve Dönmez, 2020). Oral ve Kotan (2021) tarafından domateste bazı bakteri uygulamalarının (*Bacillus megaterium*'un KBA 10, TV 91C ve TV 60D strainleri) kontrole göre meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve yüksekliği gibi parametrelerde istatistikî olarak önemli artışlara sebep olduğu bulunmuştur. Fidelik ve sera şartlarında *Bacillus licheniformis*'in domates ve biber bitkilerine yapılan uygulamalarında bakteri uygulamasının iki bitkide de fidelikte yaprak alanı be bitki boyunu, serada ise meyve sayısı ve meyve çapını önemli ölçüde arttırdığı rapor edilmiştir (Garcia ve ark., 2004). Mevcut çalışmada da *B. licheniformis* straininin yer aldığı bakteri I uygulamasında kontrole kıyasla meyve sayısında artış sağlanmıştır. Yine bu çalışmada, her iki bakteri uygulamasının da meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, meyve boyu, erkenci ve birikimli verimde kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara paralel olarak, *Pseudomonas*, *Serratia* ve *Bacillus* cinslerine ait 6 bakteri straininin domates verimine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada bakteri uygulamalarının bitki verimini, gövde kuru ağırlığını, bitki boyunu ve bitki başına meyve sayısını kontrole kıyasla önemli miktarda arttırdığı bildirilmiştir (Almaghrabi ve ark., 2013). *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* ve *Acetobacter* gibi azot fikse eden bakterileri içeren ticari Symbion-N biyolojik gübresinin sera şartlarında kontrole kıyasla bitki başına meyve sayısını (42.4 adet/ bitki), toplam verimi (11.27 kg m²), meyve ağırlığını (122.8 g), meyve sertliğini (35.17 N), TSÇKM' yi (5.40) ve titre edilebilir asidi (3.40 mval ml⁻¹) arttırdığı rapor edilmiştir (Öztekin ve ark., 2015). Mevcut çalışmada bakteri II uygulamasında BMS 229 adet/bitki, OMA 216 g, meyve sertliği 68 N, birikimli verim 47.70 kg, TSÇKM 4.7, titre edilebilir asit 3.40 olarak tespit edilmiştir. Domateslerde meyve eti sertliği ürünün depolanması ve dağıtımında zedelenmelere karşı önemli bir hasat kriteridir (Batu, 2004) ki bakteri II uygulamasında elde edilen değer bu konuda önem taşımaktadır. Domates meyvesinde lezzeti oluşturan en önemli kalite bileşeni suda çözünür kuru madde miktarıdır (Özkaplan ve Balkaya, 2019). Çalışmada belirlenen SÇKM değeri (4.7) farklı araştırma sonuçlarını bu yönüyle destekler niteliktedir (Tüzel ve ark., 2009; Bonakdarzadeh, 2014; Öztekin ve ark., 2015). Domates meyve suyunda tadı belirleyen pH değeri, önemli kalite parametrelerinden birisidir. Genel olarak kalite analizlerinde, düşük pH (2.0 civarı) meyvelerin ekşiliğini, düşük asitlik değeri ise meyvelerin tatlılığını ifade etmektedir (Brown, 2007). Araştırmada meyve suyu pH'sı bakteri uygulamalarında 4.8 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde farklı uygulamalarda meyve suyu pH değerinin Özkaplan ve Balkaya (2019) 4.39, Toprak ve Gül (2013) 4.52-4.66 ve Kiracı ve Karataş (2015) 4.37-4.58 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Söz konusu bakteri strainlerinin etki mekanizmaları ile ilgili özellikleri dikkate alındığında 6 strainden 5 tanesinin siderofor, 4 tanesinin IAA ürettiği belirlenmiştir. Strainlerin hepsinin ACC deaminaz ve katalaz enzimlerine sahip olduğu saptanmıştır. Rizobakterilerin büyük çoğunluğunun hormon ürettikleri ve bitki gelişimini düzenledikleri çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Samaras ve ark., 2021; Shahid ve ark., 2021). İndol asetik asitin bitkide hücre bölünmesi, uzaması ve farklılaşmasına etki ettiği, yan kök oluşumunu teşvik ettiği, çeşitli stres koşullarında bitkiye dayanıklılık sağladığı, birçok metabolitin biyosentezinde rol aldığı ve bitkide büyümeyi arttırdığı bildirilmiştir (Tan ve ark., 2021). Antagonist bakterilerin çilek bitkisinin gelişimine etkisinin araştırıldığı çalışmada *Pseudomonas* cinsine ait strainler test edilmiş ve bu strainlerin bitkide %14.19-159.92 oranında ağırlık artışı sağladığı görülmüştür. Bu strainlerden *Pseudomonas putida* strain 6k4 ve 6ks'in sırasıyla 62.4 ve 1.9 µg ml⁻¹ IAA ürettikleri belirlenmiştir (Özyılmaz, 2007). Mevcut çalışmada kullanılan bakteri strainlerinden HK-13, NK-12, SK-63 ve FC-42'nin IAA ürettiği saptanmıştır. En yüksek IAA üretimi (61.24 µg/ml) *Bacillus licheniformis* strain HK-13'de bu straini takiben *Pseudomonas putida* strain NK-12'de (60.76 µg/ml) tespit edilmiştir. Bu strainlerin yer aldığı her iki uygulamada da incelenen parametreler açısından en yüksek değere sahip olan kimyasal gübre kullanılan uygulamaya yakın sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. Demir; fotosentez ve solunum gibi birçok önemli biyolojik süreçte yer aldığından bitkiler için gerekli bir mikro besin elementidir. PGPR' lar siderofor üreterek demiri bağlamakta, böylelikle bitkinin ihtiyacı olan demiri bitkiye sunarak gelişimini teşvik etmektedir (Dixon ve Kahn, 2004). Mevcut çalışmada kullanılan bakteri strainlerinin siderofor üretimi ile domates gelişimini teşvik ettiği düşünülmüştür. PGPR' lar tarafından üretilen 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz

enziminin, stres hormonu olan etilenin bitkide oluşturduğu olumsuzlukları dengeleyerek bitki büyüme ve gelişimini teşvik ederek ürün veriminin artmasını sağladığı bildirilmiştir (Rai ve Nabti, 2017). Bu çalışmaların sonuçlarına benzer şekilde bu çalışmada kullanılan strainlerin tamamında ACC-deaminaz aktivitesi tespit edilmiş ve bunun bitki büyümesi ve verimin artmasında rol oynadığı kanısına varılmıştır. Yine başka bir çalışmada *Pseudomonas* ve *Bacillus*' unda aralarında bulunduğu 4 cins 74 strainin PGPR özellikleri test edilmiş ve 7 strainin ACC-deaminaz, IAA aktivitesine ve siderofor üretimine sahip olduğu belirlenmiş ve bu strainler ile yapılan uygulamaların domateste bitki gelişimini artırdığı rapor edilmiştir (Vaikuntapu ve ark., 2014). Çeşitli çalışmalar göstermiştir ki antioksidan enzimlerden olan katalazın, oksidatif stres sonucu oluşan çeşitli reaktif oksijen türlerinin su ve oksijene dönüşerek yok edilmesini ve bitki hücrelerinin reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerinden korunmasını sağlamaktadır (Lakhdar ve ark., 2010; Sadou ve ark., 2016). Mevcut çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde kullanılan tüm bakteri strainlerinin katalaz aktivitesine sahip olduğu ve böylelikle bitki gelişimini teşvikte rol oynadığı düşünülmüştür.

Domateste bakteriyel kanser ve solgunluk etmeni *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Tireng Karut ve ark., 2019). Yapılan bu denemede de negatif kontrol grubunda yer alan bitkilerde, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'in neden olduğu şiddetli bir enfeksiyon gözlenmiştir. Kimyasal gübre uygulaması yapılan bitkilerde hastalık hafif bir şekilde gözlenirken, bakteri uygulaması yapılan bitkilerde ise hastalık belirtisine rastlanmamıştır. Bitkilerde gözlemlenen biyokontrol etkinin strainlerin siderofor ve IAA üretiminden kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada da *Rhizobium* ve *Bacillus* türlerinin demir alımını engelleyen sideroforları salgılaması ile antagonistik etki gösterdiği bulunmuştur (Lurthy ve ark., 2020). Ayrıca yüksek rekabet yeteneğine sahip olan PGPR'ların hızlı bir şekilde bitki köklerine kolonize olup bitki yüzeyinde biofilm oluşturarak hastalık etmenlerine karşı etkili bir biyokontrol gösterdikleri belirtilmiştir (Boudyach ve ark., 2001; Rezzonico ve ark., 2007). Bununla birlikte ürettikleri çeşitli antimikrobiyal bileşikler sayesinde hastalık etmenlerinin gelişimini engelledikleri ve bitkide dayanıklılığı uyardıkları tespit edilmiştir (Whipps, 2001; Compant ve ark., 2005).

4. Sonuç

Çalışmada iki farklı bakteri uygulaması ve kimyasal gübre uygulamasının domateste çeşitli verim ve kalite özelliklerine etkisi araştırılmış ve bakteri II uygulamasından (*Pseudomonas fluorescens* strain FC-42, *Bacillus subtilis* strain SK-26 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK-63) elde edilen sonuçların kimyasal gübre uygulamasının sonuçlarına yakın olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamasının bitki gelişim parametrelerinde artışa sebep olmasının temelinde azot fiksasyonu, fosfat ve potasyumu çözebilme özelliklerinin yanı sıra hormon, siderofor ve ACC-deaminaz üretme özelliklerinin de etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak kimyasal gübre uygulanan parsellerden elde edilen meyvelerde renklenmenin daha homojen olduğu, bakteri uygulamasının yapıldığı meyvelerde ise daha zayıf renklenme tespit edilmiştir. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımına alternatif olarak bakteri II grubunda yer alan strainlerin kullanımının hem bitkilerin verimliliğini arttırmada hem de bitki hastalıklarının kontrolünde umut verici olduğu görülmektedir. Yüksek girdi kullanılan geleneksel tarımsal üretim sistemlerine alternatif olabilecek bu tür mikrobiyal kaynakların değerlendirilmesi bitkisel üretimde verim ve kalite artışına katkı sunacaktır. Kimyasal formülasyonların sık ve gelişigüzel kullanımından kaynaklanan insan sağlığı, toprak ve su kirliliği gibi ekolojik toksisiteye ilişkin artan endişeler düşünüldüğünde hem insan hem çevre sağlığı açısından hem de tarımsal ortamların sürdürülebilirliği bakımından mikrobiyal uygulamalar destek sağlayacaktır.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Dönmez, C., Dönmez, M. F.; Materyal ve Metot: Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I.; Veri toplama ve İşleme: Dönmez, C.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I., Çoruh, İ.

Kaynakça

- Ajillogba, C. F., Babalola, O. O. and Ahmad, F. (2013). Antagonistic effects of *Bacillus* species in biocontrol of tomato *Fusarium* Wilt. *Studies on Ethno-Medicine*, 7(3): 205-216.
- Almaghrabi, O. A., Massoud, S. I. and Abdelmoneim, T. S. (2013). Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions. *Saudi journal of biological sciences*, 20(1): 57-61.
- Anonim (2007). Tarım İl Müdürlüğü, Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü Kayıtları. Antalya.
- Aseri, G. K., Jain, N. and Tarafdar, J. C. (2009). Hydrolysis of organic phosphate forms by phosphatases and phytase producing fungi of arid and semi-arid soils of India. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 5(4): 564-570.
- Asghar, H., Zahir, Z., Arshad, M. and Khaliq, A. (2002). Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 231-237.
- Babalola, O. O., Emmanuel, O. C., Adeleke, B. S., Odelade, K. A., Nwachukwu, B. C., Ayiti, O. E. and Adegboyega, T. T. (2021). Rhizosphere microbiome cooperations: strategies for sustainable crop production. *Current Microbiology*, 78: 1069-1085.
- Bashir, Z., Zargar, M. Y., Husain, M., Mohiddin, F. A., Kousar, S., Zahra, S. B. and Rathore, J. P. (2017). Potassium solubilizing microorganisms: mechanism and diversity. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(5): 653-660.
- Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal Food Engineering*, 61(3): 471-475.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A. and Passaglia, L. M. P. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*, 35(4): 1044-1051.
- Berger, B., Baldermann, S. and Ruppel, S. (2017). The plant growth-promoting bacterium *Kosakonia radicincitans* improves fruit yield and quality of *Solanum lycopersicum*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 4865-4871.
- Bonakdarzadeh, M. (2014). *Topraksız tarımda farklı domates çeşitlerinin meyve kalite özelliklerinde mevsimsel değişimler*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Boudyach, E. H., Fatmi, M., Akhayat, O., Benizri, E., Aoumar, A. A. B. (2001). Selection of antagonistic bacteria of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* and evaluation of their efficiency against bacterial canker of tomato. *Biocontrol Science and Technology*, 11(1): 141-149.
- Brown, A. (2007). *Understanding Food Principles and Preparation*. Thomson Higher Education 10 Davis Drive Belmont, CA 9402- 3098, p 672, USA.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clement, C., Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 4951-4959.
- Cordero, I., Balaguer, L., Rincón, A. and Pueyo, J. J. (2018). Inoculation of tomato plants with selected PGPR represents a feasible alternative to chemical fertilization under salt stress. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181(5): 694-703.
- Dixon, R. and Kahn, D. (2004). Genetic regulation of biological nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, 2(8): 621-631.
- Gallo, M., Ferrara, L., Calogero, A., Montesano, D. and Naviglio, D. (2020). Relationships between food and diseases: what to know to ensure food safety. *Food Research International*, 137: 109414.
- García, J. A. L., Probanza, A., Ramos, B., Palomino, M., Mañero, F. J. G. (2004). Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. *Agronomie*, 24(4): 169-176.
- Karthika, S., Varghese, S. and Jisha, M. S. (2020). Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases. *3 Biotech*, 10: 320.
- Khalid, M., Hassani, D., Bilal, M., Liao, J. and Huang, D. (2017). Elevation of secondary metabolites synthesis in *Brassica campestris* ssp. *chinensis* L. via exogenous inoculation of *Piriformospora indica* with appropriate fertilizer. *PLOS ONE*, 12(5): e0177185.
- Kiracı, S. and Karataş, A. (2015). Organik domates yetiştiriciliğinde bitki aktivatörü uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 17-22.
- Klement, Z., Mavridis, A., Rudolph, K., Vidaver, A., Perombelon, M. C. and Moore, L. W. (1990). Inoculation of Plant Tissues. Methods in Phytobacteriology. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
- Kotan, R. and Tozlu, E. (2021). Bazı pestisitlerin faydalı bakteriler ve patojen bakteriler üzerine bakterisidal etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 197-212.
- Lakhdar, A., Iannelli, M. A., Debez, A., Massacci, A., Jedidi, N. and Abdelly, C. (2010). Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge use on wheat (*Triticum durum*): growth, heavy metal accumulation, and antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(6): 965-971.
- Louden, B. C., Haarmann, D. and Lynne, A. M. (2011). Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *Journal of Microbiology and Biology Education*, 12(1): 51-53.

- Lugtenberg, B. and Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63: 541-556.
- Lurthy, T., Cantat, C., Jeudy, C., Declerck, P., Gallardo, K., Barraud, C., Leroy, F., Ourry, A., Lemanceau, P., Salon, C. and Mazurier, S. (2020). Impact of bacterial siderophores on iron status and ionome in pea. *Frontiers in Plant Science*, 11: 730.
- Mason-D'croz, D., Bogard, J. R., Sulser, T. B., Cenacchi, N., Dunston, S., Herrero, M. and Wiebe, K. (2019). Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: an integrated modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 3(7): e318-e329.
- Niranjiyan, R. S., Shetty, H. S. and Reddy, M. S. (2006). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Potential Green Alternative for Plant Productivity. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer, The Netherlands.
- Numan, M., Bashir, S., Khan, Y., Mumtaz, R., Shinwari, Z. K., Khan, A. L., Khan, A. and Ahmed, A. H. (2018). Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. *Microbiological Research*, 209: 21-32.
- Oral, S. F. and Kotan, R. (2021). Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domateste bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 12(1): 47-65.
- Özkaplan, M. and Balkaya, A. (2019). Işık ve sıcaklığın topraksız tarım koşullarında salkımlı domatesin meyve kalitesine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37: 227-238.
- Öztekin, G. B., Tüzel, Y. and Mehmet, E. (2015). Potasyum çözücü bakteri aşılmasının sera domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(1): 41-47.
- Özyılmaz, Ü. (2007). *Aydın ilinde çilek kök hastalıklarına karşı antagonist bakterilerle biyolojik savaş*. (Doktora Tezi) Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Penrose, D. M. and Glick, B. R. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiologia Plantarum*, 118(1): 10-15.
- Porcel, R., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M. and Aroca, R. (2014). Involvement of plant endogenous ABA in *Bacillus megaterium* PGPR activity in tomato plants. *BMC Plant Biology*, 14(1): 1-12.
- Rai, A. and Nabti, E. (2017). Plant Growth-Promoting Bacteria: Importance in Vegetable Production. Microbial Strategies for Vegetable Production. Springer Cham, Hungarica.
- Rezzonico, F., Zala, M., Keel, C., Duffy, B., Moënne-Loccoz, Y. and Défago, G. (2007). Is the ability of biocontrol fluorescent pseudomonads to produce the antifungal metabolite 2, 4-diacetylphloroglucinol really synonymous with higher plant protection?. *New Phytologist*, 173(4): 861-872.
- Sadou, O., Aycan, M., Taher, M., Kayan, M. and Yıldız, M. (2016). Tuz stresinin ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) fide gelişimi üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(1): 13-17.
- Saharan, B. S. and Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research*, 21(1): 30.
- Şahin, B. U. and DÖnmez, M. F. (2020). Farklı bakteri uygulamalarının domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitki gelişimi üzerine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3): 1507-1517.
- Samaras, A., Roumeliotis, E., Ntasiou, P. and Karaoglanidis, G. (2021). *Bacillus subtilis* MBI600 promotes growth of tomato plants and induces systemic resistance contributing to the control of soilborne pathogens. *Plants*, 10: 1113.
- Santoyo, G., Urtis-Flores, C. A., Loeza-Lara, P. D., Orozco-Mosqueda, M. and Glick, B. R. (2021). Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Biology*, 10: 475.
- Shahid, M., Khan, M. S., Syed, A., Marraiki, N. and Elgorban, A. M. (2021). Mesorhizobium ciceri as biological tool for improving physiological, biochemical and antioxidant state of *Cicer arietinum* (L.) under fungicide stress. *Scientific Reports*, 11: 9655.
- SPSS (2010). SPSS 17.0 for windows evaluation version, SPSS Inc., Illinois, USA.
- Tan, C. Y., Dodd, I. C., Chen, J. E., Phang, S. M., Chin, C. F., Yow, Y. Y. and Ratnayeke, S. (2021). Regulation of algal and cyanobacterial auxin production, physiology, and application in agriculture: an overview. *Journal of Applied Phycology*, 33: 2995-3023.
- Tireng Karut, Ş., Horuz, S. and Aysan, Y. (2019). Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığı etmeni *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*' in tohumda aranması ve tohum uygulamalarının patojen gelişimine etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 284-296.
- Toprak, E. and Gül A. (2013). Topraksız tarımda kullanılan ortam domates verimi ve kalitesini etkiliyor mu? *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(2): 41-47.
- TÜİK (2022). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 02.04.2023).
- Tüzel, Y., Duyar, H., Öztekin, G. B. and Gül, A. (2009). Domates anaçlarının farklı dikim tarihlerinde bitki gelişimi, sıcaklık toplamı isteği, verim ve kaliteye etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2): 79-92.
- Vaikuntapu, P. R., Dutta, S., Samudrala, R. B., Rao, V. R., Kalam, S. and Podile, A. R. (2014). Preferential promotion of *Lycopersicon esculentum* (Tomato) growth by plant growth promoting bacteria associated with tomato. *Indian Journal of Microbiology*, 54: 403-412.

- Van Loon, L. C. (2007). Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 119: 243-254.
- Venkadesaperumal, G., Amaresan, N. and Kumar, K. (2014). Plant growth promoting capability and genetic diversity of bacteria isolated from mud volcano and lime cave of Andaman and Nicobar Islands. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(4): 1271-1281.
- Verla, A. W., Enyoh, C. E., Verla, E. N. and Nwamoth, K. O. (2019). Microplastic-toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. *SN Applied Sciences*, 1: 1400.
- Whipps, J. M. (2001). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of experimental Botany*, 52(suppl_1): 487-511.
- Yilihamu, A., Ouyang, B., Ouyang, P., Bai, Y., Zhang, Q., Shi, M., Guan, X. and Yang, S. T. (2020). Interaction between graphene oxide and nitrogen-fixing bacterium *Azotobacter chroococcum*: transformation, toxicity and nitrogen fixation. *Carbon*, 160: 5-13.


Development of a Solar Powered Seeder for Pea Seeds


Mohamed Ali Ibrahim AL-RAJHI^{1*}, Yasser Kamal OSMAN², Enas Lokman Abdellatif SALEM³

Abstract

One of the most profitable vegetable crops for farmers to plant is peas. Pea seeding by hand is still one of the most tedious techniques farmers use today. Pea seed sowing requires a more significant number of skilled workers. The soil is dug by one person, and the pea seeds is sown there by another. Regarding farmers, the availability of skilled labor is still another issue. Egypt has many small farms; hence, it is necessary to produce small-scale farming machinery. Thus, this research manufactures a solar-powered seeding mechanism exclusively for small farmers at a low cost to overcome the problems of a lack of labor skills, sowing times, labor cost, accurate seeding, and seed losses. Increase profit for farmers who plant vegetable crops. The machine is provided with an accurate system to achieve accurate seed distribution. A complex gear mechanism is replaced with a sensor to make seeding simpler. There is an input LCD screen to sow at various distances between seeds. The distance between rows can be maintained. Also, there is a solar tracking system, which is essential for receiving more direct sunlight. Also, the motors used are 12 volts, so they are compatible with the electricity produced from the solar panel without the need for a voltage converter, which reduces costs. Also, both fuel costs and air pollution do not exist. The study includes two experimental variables: four theoretical hill spacings of 15, 18, 21, and 24 cm and four sowing depths of 2, 3, 4, and 5 cm. The measurements include the plant's longitudinal dispersal, lateral dispersal, emergence percentage, and operating costs. The minimum values of longitudinal and lateral dispersal and the highest value of emergence percentage were obtained at a theoretical hill spacing of 24 cm and a sowing depth of 5 cm. The developed machine can lower the operational cost by 94.96%, as one skilled worker can adequate complete the seeding operation. Therefore, it is suggested to use the solar-powered system for seeding pea seeds in small-scale farming.

Keywords: Agriculture, Manufacture, Seeds, Solar energy, Sowing machine

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, Department of Mechanization of Livestock and Fish Production, Agricultural Engineering Research Institute (AEnRI), Agricultural Research Center (A.R.C.), Dokki, Giza, Egypt. E-mail: moh.elrajhi@yahoo.com  OrCID: [0000-0001-5212-5401](https://orcid.org/0000-0001-5212-5401)

²Yasser Kamal Osman, Department of Mech. & Power Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt. E-mail: yasser.kamal@azhar.edu.eg  [0000-0002-1403-3052](https://orcid.org/0000-0002-1403-3052)

³Enas Lokman Abdellatif Salem, Department of Power & Energy, Agricultural Engineering Research Institute (AEnRI), Agricultural Research Center (A.R.C.), Dokki, Giza, Egypt. E-mail: dr.EnasSalem@outlook.com  OrCID: [0000-0002-3948-2671](https://orcid.org/0000-0002-3948-2671)

Atıf/Citation: Al-Rajhi, M. A., Osman Y. K., Salem E. L. A. (2024). Development of a solar powered seeder for pea seeds. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 429-443.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

1. Introduction

Pea is a popular and nutritious pulse crop from the leguminous family. About 22 million tons and 14.5 million tons of dried and green pea seeds are produced globally annually. In Egypt, peas are cultivated in an area of 801,402 faddan, with a production of 229.29 tons per year from dry peas and 156,249.98 tons from green peas (FAOSTAT, 2021). Pea seeds are famous for their essential nutrients, primarily soluble and insoluble fibers, proteins (lysine and tryptophan), complicated carbohydrates, folate, B vitamins, and minerals such as iron, potassium, and calcium, but minimal in cholesterol, saturated fat, and salt. Green seeds contain 17-22 g of carbohydrates, 14-26 g of dietary fiber, 20-50 g of starch, 0.4 g of fat, 6.2-6.5 g of protein, and 1.0 g of ash per 100 g. They also contain 9-10 mg of calcium, 97-99 mg of potassium, 3-5 mg of sodium, 0.7 mg of riboflavin, 5-6 mg of thiamine and 0.54-mg folate per kg (Goswami and Shukla, 2019; Kaiser et al., 2019; Millar et al., 2019; Robinson et al., 2019).

The main goals of the sowing process are to distribute seeds properly, put soil over them, and compact it around them. Most farmers still use the old method of sowing pea seeds. Peas are traditionally planted using a method that requires a lot of experienced laborers and considerable labor costs. One person must prepare the soil, and another must plant the pea seeds in the prepared soil. More laborers are needed for this kind of seeding activity, resulting in inefficient and inaccurate seed sowing. The cost of labor has been rising significantly over the past few years. Moreover, because of the lack of skilled labor, seeding peas takes longer and becomes more tedious.

Especially with the scattered holdings, small machines are considered helpful in Egypt. Also, the production and productivity of pea seeds as a vegetable crop were relatively low in Egypt. The reasons for low production and productivity were the unavailability of machines in the cultivated field. Most of the farming work in Egypt is done manually, compared with other countries. There were no machines for seeding pea seeds, and it is done by laborers only, so the cost was higher and the speed of the operation was lower.

The planter's main parts are hopper, metering system, and furrow opener (Ani et al., 2016). The metering device, which comes in various forms, is the brain of the seeder. The metering system prevents skipping, doubling, and damage to the seeds during seeding by releasing the seeds at the correct pace and creating the precise spacing required for high yields (Rabbani et al., 2016). According to Bashiri et al. (2013), sown tubes are a passage used to transmit seed from the seeds container into opening furrows. Furrow openers prepare the soil for dropping by covering the metered seeds and falling via the seed tube. When developing furrow openers, seeding depth should be considered (Ani et al., 2016).

Egypt also receives sunlight. Based on the solar atlas, it receives 3,050 hours of sunlight each year, with indirect normal irradiations varying from 1,970-3,200 kWh m⁻² and total annualized irradiance varying from 2,000-3,200 kWh m⁻². Therefore, according to Moharram et al. (2022), Egypt has excellent solar resources that may be used for several industries and solar energy systems.

Swetha and Shreeharsha (2015) designed a machine that uses a solar panel to absorb solar energy, transform it into electricity, and then use that electricity to charge a 12 V battery, which in turn powers a shunt-wound motor to perform tasks like digging, sowing seeds, pouring water, and fertilizing. Rohokale et al. (2014) compared the differences between conventional and modern seed-sowing procedures through the developed machines. Also, they calculated the row-wise spacing, and seeding rates, which vary for each crop. Also, these complicated issues are overcome with the development of their idea of the machine. This machine has decreased skilled labor, sowing times, maintenance costs, and labor costs (Mishra et al., 2017) successfully. Later, the design, development, and construction of a machine that can sow seeds, is operated by a toggle switch, and runs on solar and battery power were completed (Shree Harsha et al., 2017). Researchers have created devices that could perform tasks like autonomous sowing. Moreover, it offers manual management as necessary (Bute et al., 2018).

Pundkar and Mahalle (2015) developed high-precision pneumatic planters for various crops and seed sizes that uniformly distribute the seeds along the travel path. Also, Umalkar and Karwankar (2016) developed an agribot for reducing the cost of working and the period of digging for seeding. The effects of various seeding methods, machines, and rates of seed treatment on the establishment of seed-emergence plants and grain yield were determined by Sujon et al. (2018).

In order to supply sufficient electric power, solar panels could be used anywhere in the world (Turkboylari and Yuksel, 2021). It is clean and environmentally friendly compared to fossil fuels (Turkboylari, 2018). So, we can use a solar-powered machine to plant pea seeds and provide a seeder at a low cost compared to the available machines. Therefore, this study aims to: develop a solar-powered seeder that is renewable for sowing peas that is more ecological and needs little manual labor; facilitate the improvement of small-scale farming with the utilization of the new machine; study the optimal operation conditions for the assessed machine to optimize longitudinal and lateral dispersing; maximize emergence percentage, minimize costs; and overcome the disadvantages of the manual method.

2. Materials and Methods

Pea (*Pisum sativum* L.), namely cvs; Master, was used to test the manufactured machine. It is a dwarf modern variety, as its vegetative growth is limited, except that the length of the pod reaches 14 cm and contains about 10–12 seeds, and thus it outperforms all short varieties with an increase in the percentage of neglect, as it reaches 55–60%. The nodes are on the eighth node. The average length, width, thickness, and thousand seed mass were 7.6 mm, 6.5 mm, 5.5 mm, and 180.12 g, respectively, at a moisture content of about 10% on a dry basis. The amount of seed planted per feddan is about 35 kg. The germination percentage for laboratory conditions for the tested seeds was 98%.

2.1. Description of the manufactured machine

It has a frame assembly mounted on two drive wheels and a solar panel to absorb solar energy, which is then transformed into electrical energy. Seeds are fed to the seed metering mechanism by two hoppers on either side of the machine, and a two-motor systems is used to operate the seeding metering device. The machine was made in a local workshop. Two driving handles have been modified for quick movement and simple pea seeding. An acceptable working width of 70 cm was selected to allow seeding at vast distances. *Figures 1 and 2* show the developed machine's components, and *Figure 3* shows the assembled parts in their ideal places. The layout of components was modeled using Solidworks software. Specifications are listed in *Table 1*.

Table 1 The specifications of the machine

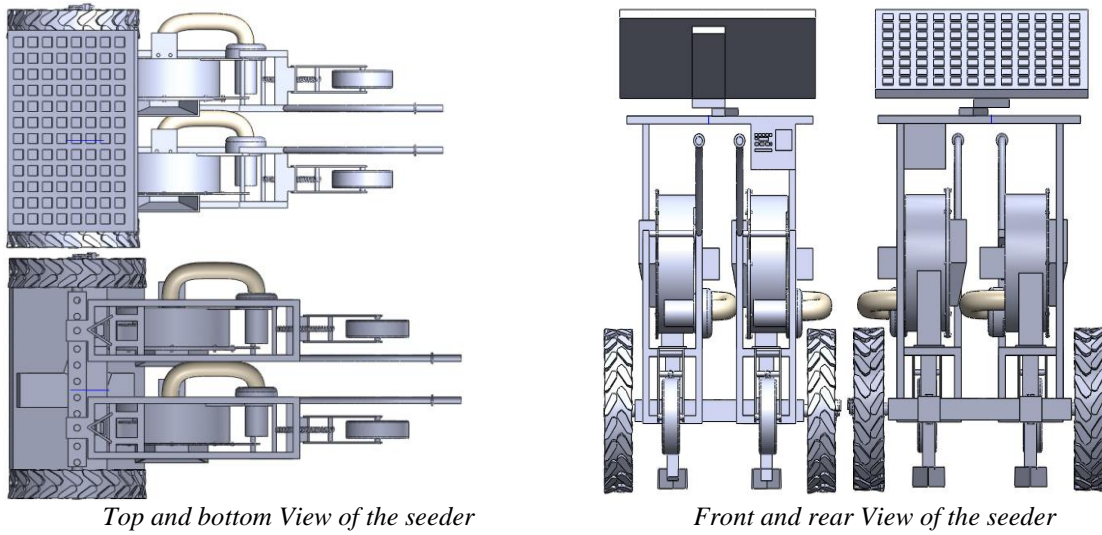
Power source	- solar panel 50 kw for operating 4 motors (2 for metering devices and 2 others for vacuum)
Dimensions	length, 117 cm
	width, 76 cm
	height, 122 cm
Weight	78 kg



Figure 1. The machine's rear View and right side

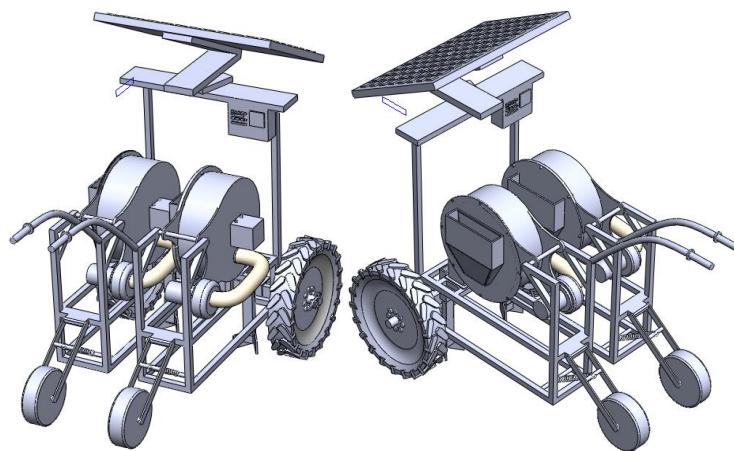


Figure 2. The machine's front View and left side



Top and bottom View of the seeder

Front and rear View of the seeder



Right and left isometric View of the seeder

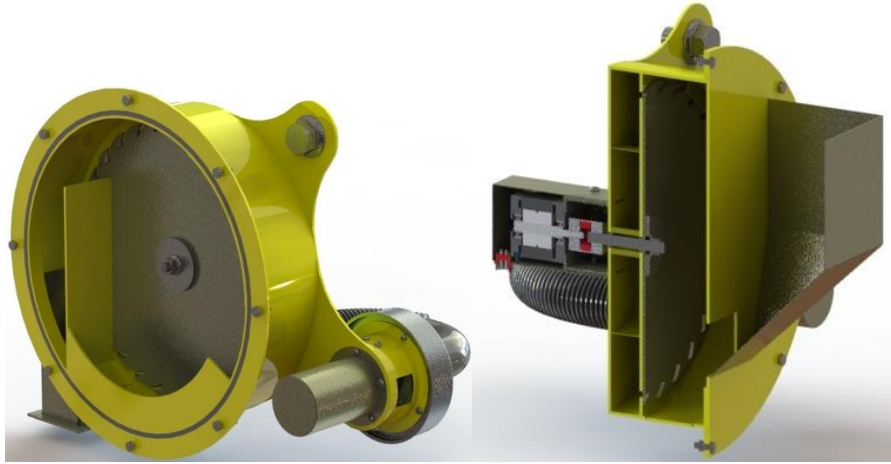
Figure 3. Design for the proposed machine

- **The frame** was created as the backbone for the other components, with a length of 80 cm, to achieve smooth operation as intended. The whole thing is mounted on it in a suitable arrangement. The chassis has a variable width, but it was set at 60 cm to match the planning row spaces and make turning the machine easier. The chassis was made from an L-shaped plate to sustain various loads. Two rubber wheels of 40 cm diameter and 10 cm width fixed on a 3 cm shaft make up the two-wheeled chassis. The machine's wheels must be strong enough to carry the whole machine.
- **The front two openers** have dimensions of 15 cm in length and 10 cm in width. They are curved with a support structure that is 45 cm high and is used to dig the furrow and sow the seeds. The removable bolts and nuts attach the opener to the frame at the front.
- **The hopper's** capacity entire capacity is about 6 kg of pea seeds, and the conveyor receives sorted seed drops from the conical structure.
- **A portable solar panel** (peak power: 50 watts, maximum current: 2.81 amps, peak voltage: 22.1 volts, allowed voltage: 12 volts, dimensions: 600×400×25 mm) that is put on top of the machine and used to charge the 12 V battery. A solar charge controller is installed between the solar panel and the battery to regulate the voltage from the solar panel. A battery provided the electric power needed to run four motors (12 V) (two for operating the metering devices and two for vacuum) and produce mechanical work. Since the solar panel should always be positioned with its face towards the sky and be as vertical as the sun. The solar panel has a circuit with two photocells and a tracking motor that follows the sun's disc at an inclination angle of 30°, as shown in Figure 4.

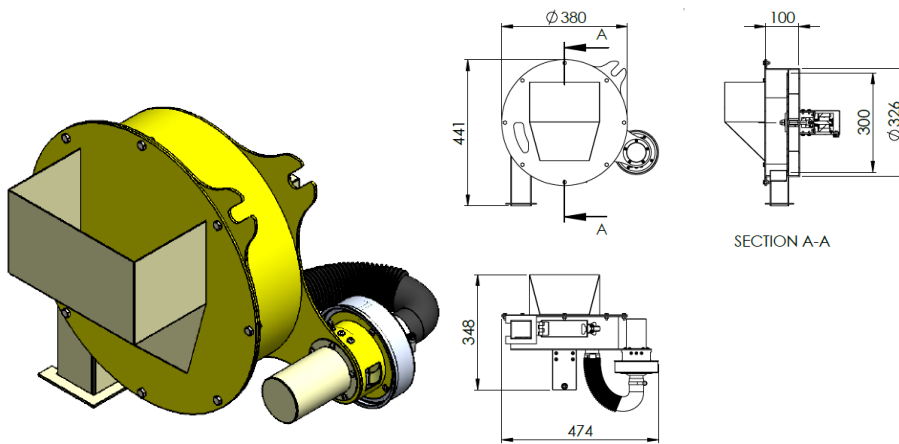


Figure 4. Photovoltaic panel position

- **The driver** gets a signal from the controller and amplifies it. Thus, they gain a higher voltage and convert it to suit the machine. This will prevent the motors from being damaged.
- **LCD** is used to enter the distance between two seeds and display it.
- **A pair of handles** displaying backwardly from the frame. The handles extended on either side, allowing the operator to push and direct the machine.
- **The vacuum-based seed metering device** consists of two circular plates arranged in a suitable manner. These plates are housed in the hopper. When the metering device is in operation, seeds are sucked and rotated by the plates until they reach point of atmospheric pressure. The pea seeds are then delivered to the seeding hose through a designated arrangement, as shown in Figure 5. This technology automates the seeding process, replacing manual labor and making sowing easier. Prior to delivery, a suitable cultivator arrangement is prepared to prepare the ground for seed sowing.

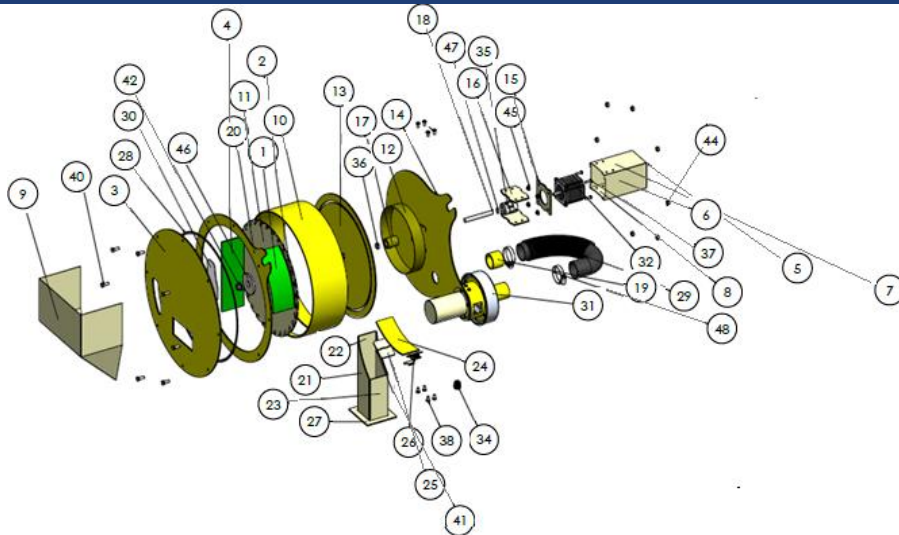


The vacuum-based seed metering device



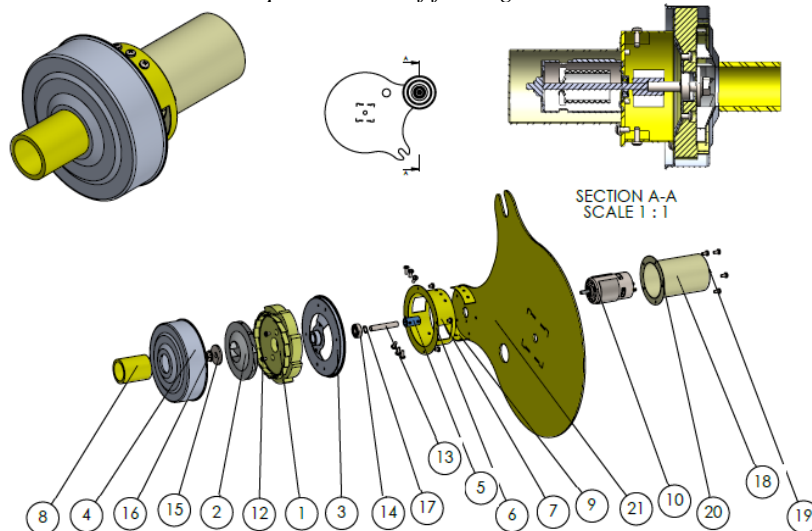
Isometric View of feeding device

A schematic diagram of the feeding device



N.	PART	QTY.	N.	PART	QTY.	N.	PART	QTY.	N.	PART	QTY.
1	Singulator Holder	1	13	Suction Track	1	25	Door Hinge	1	37	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 16 Type I Cross Recessed PHMS --16N	4
2	Singulator	1	14	Outer Ring Back Cover	1	26	clamps a20 ass	1	38	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 10 Type I Cross Recessed PHMS --10N	8
3	Outer Ring Front Cover	1	15	Stepper Holder Base	1	27	Seeds Outlet C	1	39	B18.6.7M - M3 x 0.5 x 10 Type I Cross Recessed PHMS --10N	2
4	Seed Track Saver	1	16	Stepper Holder Bracket	2	28	Front Cover Rubber Gasket	1	40	B18.2.3.1M - Hex cap screw, M6 x 1.0 x 16 --16N	8
5	Stepper Cover Back	1	17	Suction Track Spacer	1	29	Suction Tube 3	1	41	AM -- M5 x 45 N	1
6	Stepper Cover T&B	2	18	Motor Axle Shaft	1	30	Acrylic Window	1	42	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M10 x 1.5, with 15 WAF --N	1
7	Stepper Cover R&L	1	19	Fixed Suction Pipe	1	31	Vacuum Cleaner Motor	1	43	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M4 x 0.7 --D-N	4
8	Stepper Cover R&L+	1	20	Front Cover Tension Face	1	32	stepper motor_NEMA 23	1	44	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M6 x 1 --D-N	8
9	Kados	1	21	Seeds Outlet 1	2	33	Motor - R5-775	1	45	B18.22M - Plain washer, 4 mm, regular	4
10	Outer Ring	1	22	Seeds Outlet 2	1	34	connector Ba6 (4 pin)	1	46	B18.22M - Plain washer, 16 mm, wide	1
11	Cells Plate	1	23	Seeds Outlet 3	1	35	Coupler D30L35-6.35-10.0	1	47	B27.7M - 3AM1-11	1
12	Inner Ring	1	24	Seeds Discharge Door	1	36	AFBMA 12.1.4.1 - 0100-15 - Pul,DE,AC,Pul_68	2	48	Hose Clamp 44mm	2

Exploded View of feeding device



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.	ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Base Plastic Face	1	13	continous stud _am	1
2	Vacuum Bit	1	14	AFBMA 12.1.4.1 - 0080-22 - 8.SI.NC.8 68	1
3	Base	1	15	B18.22M - Plain washer, 8 mm, wide	1
4	Face	1	16	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M8 x 1.25 -N	1
5	Shaff Coupler_5 - 8 mm	1	17	B27.7M - 3AM1-10	1
6	Base Motor Connector	1	18	Motor Cover	1
7	Base Motor Connector 2	1	19	Motor Cover Top 2	1
8	Air Outlet Extender	1	20	Motor Cover Top	1
9	Base Motor Connector 4	2	21	Outer Ring Back Cover	1
10	Motor - RS-775	1			
12	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 8 Type I Cross Recessed PHMS -BN	17			

Exploded View of suction device

Figure 5. Feeding device

- **The wheel-fixed sensor** converts rotation into the distance for seed sowing at a particular distance. Also, there is an input LCD that can be adjusted to plant seeds at various distances on the same line.
- **The control panel** holds all the components needed to run the system.

The main feature of the seeding process is shown in Figure 6. The feeding two units are powered by a solar panel connected to a 20 amp, 12 volt battery. Each unit consists of two main components: the first is the seed metering device, which includes a perforated plate with an installed stepper motor. The input unit consists of a rheostat (variable resistance) and a digital screen LSD that operates based on signals received from the wheel-fixed sensor. The second component involves a vacuum motor responsible for vacuuming the seeds and adhering them to the perforated plate until they are released into the seeding hose. The suction speed can be adjusted using the input unit, which includes the same rheostat (variable resistance) and an LSD digital screen.

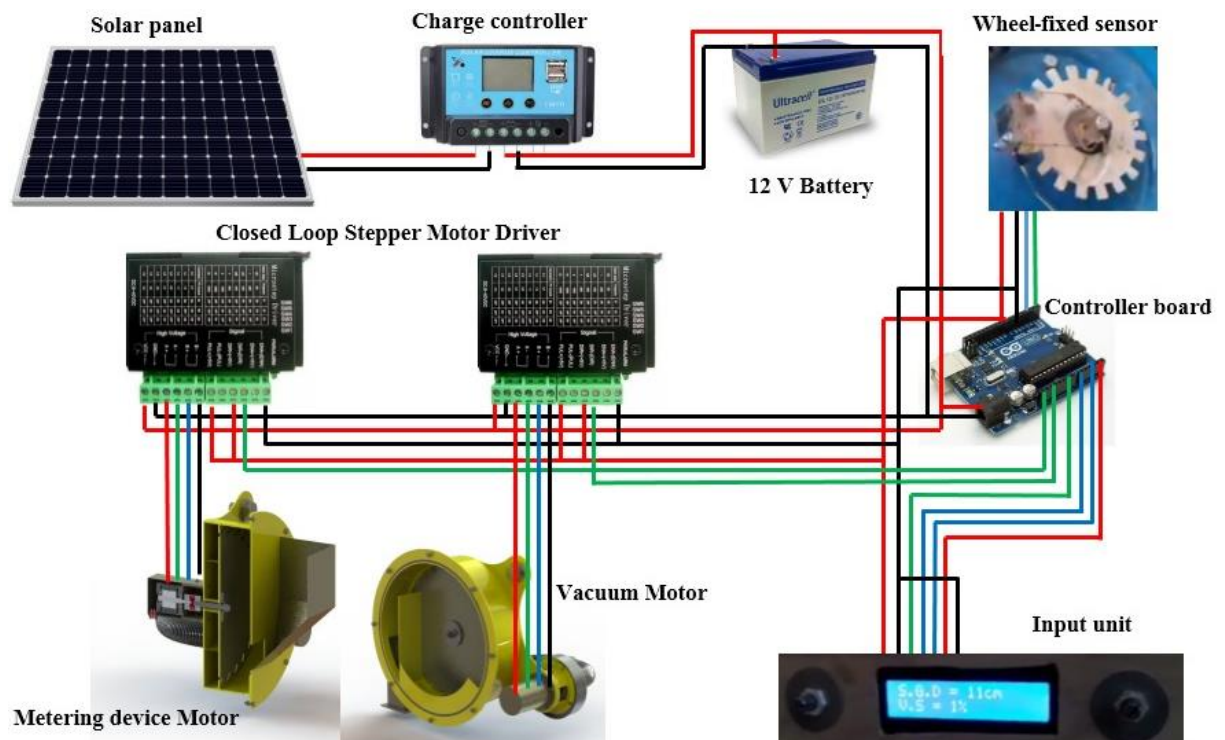


Figure 6. The main feature of the seeding process

- **The articulated covering and compacting wheels** are two wheels attached to two axes and hinged on either side, supported with two attraction springs, and used after the seeds are placed in the furrowed land to cover the sown and apply appropriate pressure to the seeds.

2.2. Principles of operation

The main working principle of the developing machine is precision agriculture, which uses sensors to enable, for example, more efficient seeding. In this study, a complex gear mechanism is replaced with a sensor to make seeding simpler. The sensor converts rotation into the distance for certain seed sowing distances. Also, an input LCD screen can be adjusted to sow at various distances between seeds. With this machine, the distance between rows can be effectively maintained by securely attaching the axle of the two wheels, which are provided with several holes, to a hollow square main shaft. To modify the two seeding units, a square-shaped enclosure is mounted around the main hollow square shaft, featuring several holes along the shaft that allow for precise modification of the seeding distance as seeding is done in two rows simultaneously. As a result, this machine sows seeds with great accuracy and efficiency. Most solar panels are statically oriented, fixed at a certain angle towards the sky. As a result, the solar panel receives less direct sunlight, both in terms of time and intensity, which causes the P.V. cells to produce less power. The solution to this problem is a solar tracking system essential to optimizing solar energy. Also, the motors used are 12 volts, so they are compatible with the electricity produced from the solar panel without the need for a voltage converter, which reduces costs. Also, both fuel costs and air pollution do not exist. According to a statistical survey, Egypt has many small farms; hence, it is necessary to manufacture small-scale agricultural machines suitable for small holdings. Table 2 shows the distribution of fields in Egypt (MOAGS, 2016).

Table 2. The distribution of fields

Region	The percentage size of landholding (Fed.)				Total area, fed.
	<1	1 to <3	3 to <5	≥ 5	
The lower part of Egypt	29.28	32	11.76	26.96	5,916,546.1
The upper part of Egypt	42.31	35.89	10.95	10.85	3,085,823.6

2.3. The experimental procedure

The trials were completed at the Faculty of Agricultural Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt. The initial experiments were conducted in the laboratory to determine grain germination as an indicator for loss in germination in the field and some physical and mechanical properties of pea seeds.

2.3.1. Variables that were evaluated

Studies were conducted on two variables.

- Theoretical hill spacing, cm: four theoretical hill spacings of 15, 18, 21, and 24 cm, respectively, were studied.
- Sowing depths, cm: three sowing depths of 2, 3, 4, and 5 cm were studied. The sowing depth can be adjusted with the help of a screw arrangement.

2.3.2. Measurements

- **The coefficient of variation of plants' longitudinal dispersal** was calculated by determining the deviation in the longitudinal line at a distance of 10 m along the sowing row, and it was measured as follows:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum(x-x')^2}{n}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$C.V. = \frac{sd}{x} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

where sd is the standard deviation, x is the spacing between plants at 10 m along the seeding row, x' is the mean spacing between plants at 10 m along the seeding row, n is the number of observations, and C.V. is the coefficient of variation.

- **Lateral dispersing** was calculated by determining the cross-dispersed grains along the row, and the location of the plants along the center of the row was determined after 14 days of seeding and irrigation. The number of plants at each 10-meter interval along the row was compared to estimate the distribution. This relationship was employed for each experiment using the frequency distribution curve.
- **The emergence percentage** was also determined after 14 days of seeding and irrigation by using the equation below:

$$Emergence, \% = \frac{N_{ac}}{N_{th}} \times 100 \quad (Eq. 3)$$

N_{ac} is the actual plant number at 10 m long, and N_{th} is the theoretical plant number at 10 m long.

- **The total operating cost, EGP/h**, was estimated according to the following:

- **Fixed costs, EGP/h**

- $Depreciation\ costs = \frac{Machine\ price - 0.1 \times Machine\ price}{The\ Machine\ life, 5\ years}$ (Eq. 4)

- $Interest\ costs = \frac{Machine\ price + 0.1 \times Machine\ price}{2} \times 0.12$ (Eq. 5)

- Costs for shelter, taxes, and insurance were estimated to represent 3% of the machine's price.

- Then fixed costs = $\frac{Depreciation\ costs + Interest\ costs + Shelter, taxes and insurance\ costs}{hours\ of\ use\ per\ year}$ (Eq. 6)

- **Variable costs, EGP/h**

- $Repair\ and\ maintenance\ costs = \frac{100\% \text{ Depreciation costs}}{hours\ of\ use\ per\ year}$ (Eq. 7)

- $Labor\ costs = Salary\ of\ one\ worker \times Number\ of\ workers$ (Eq. 8)

- Then variable costs = $Repair\ and\ maintenance\ costs + Labor\ costs$ (Eq. 9)

- **Total cost, EGP/h** = $fixed\ costs + variable\ costs \rightarrow$ (Eq. 10)

2.3.3. Statistical analyses

M.S. Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, U.S.A.) was used to edit the data. To evaluate the machine, a factorial design for the experiment was used. The experiments were performed five times, and Microsoft Excel 2021 was used to draw each graph. The obtained data are analyzed statistically by using a computer program (SAS., 2012).

3. Results and Discussion

3.1. Factors affecting hills' lateral dispersing

Figure 8 shows the effect of theoretical hill spacing between plants and sowing depth on hills' lateral dispersion around the centerline. Increasing the theoretical hill spacing and sowing depth decreases lateral dispersion and vice versa. This finding could be because the machine is well-designed with has less vibration.

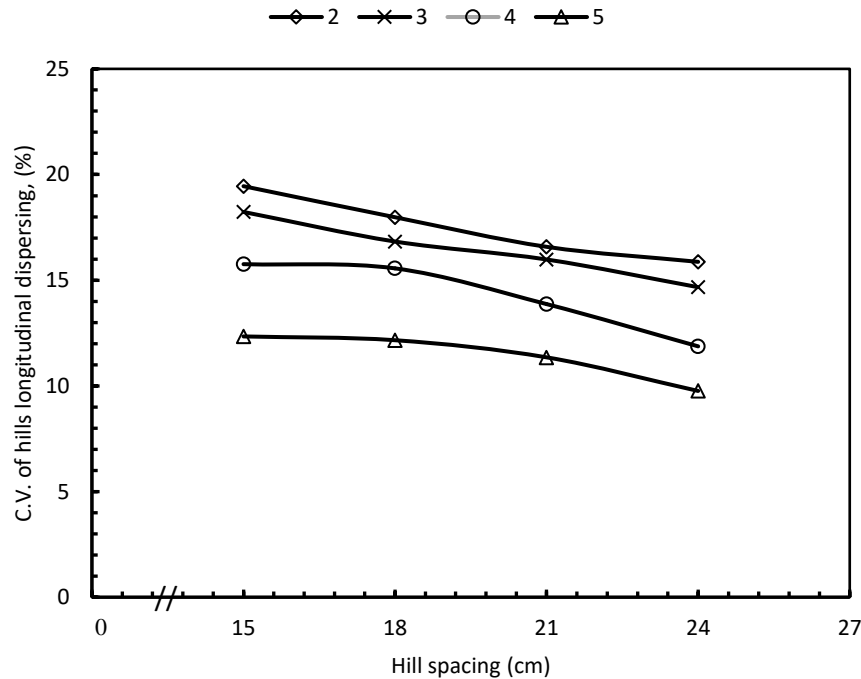


Figure 7. Effect of sowing depth (cm) and theoretical hill spacing between plants (cm) on the coefficient of variation of plants longitudinal dispersing (%).

3.2. Factors affecting the coefficient of variation of plants' longitudinal dispersal (%)

Figure 7 shows the relationships between theoretical hill spacing between plants and the coefficient of variation of plants' longitudinal dispersal at different levels of sowing depth. Increasing the hill spacing indirectly decreased the coefficient of variation of plants' longitudinal dispersing by increasing the various levels of sowing depth. However, the mean best value for the coefficient of variation of plants longitudinal dispersal was 9.76%, directly related to a theoretical hill spacing of 24 cm and a sowing depth of 5 cm. The mean maximum value for the coefficient of variation of plants longitudinally dispersing was 19.45% at a theoretical hill spacing of 15 cm and a sowing depth of 2 cm. According to Coates (1992), a coefficient of variation under 10% is regarded as excellent, while a value under 20% is typically regarded as acceptable for most field applications.

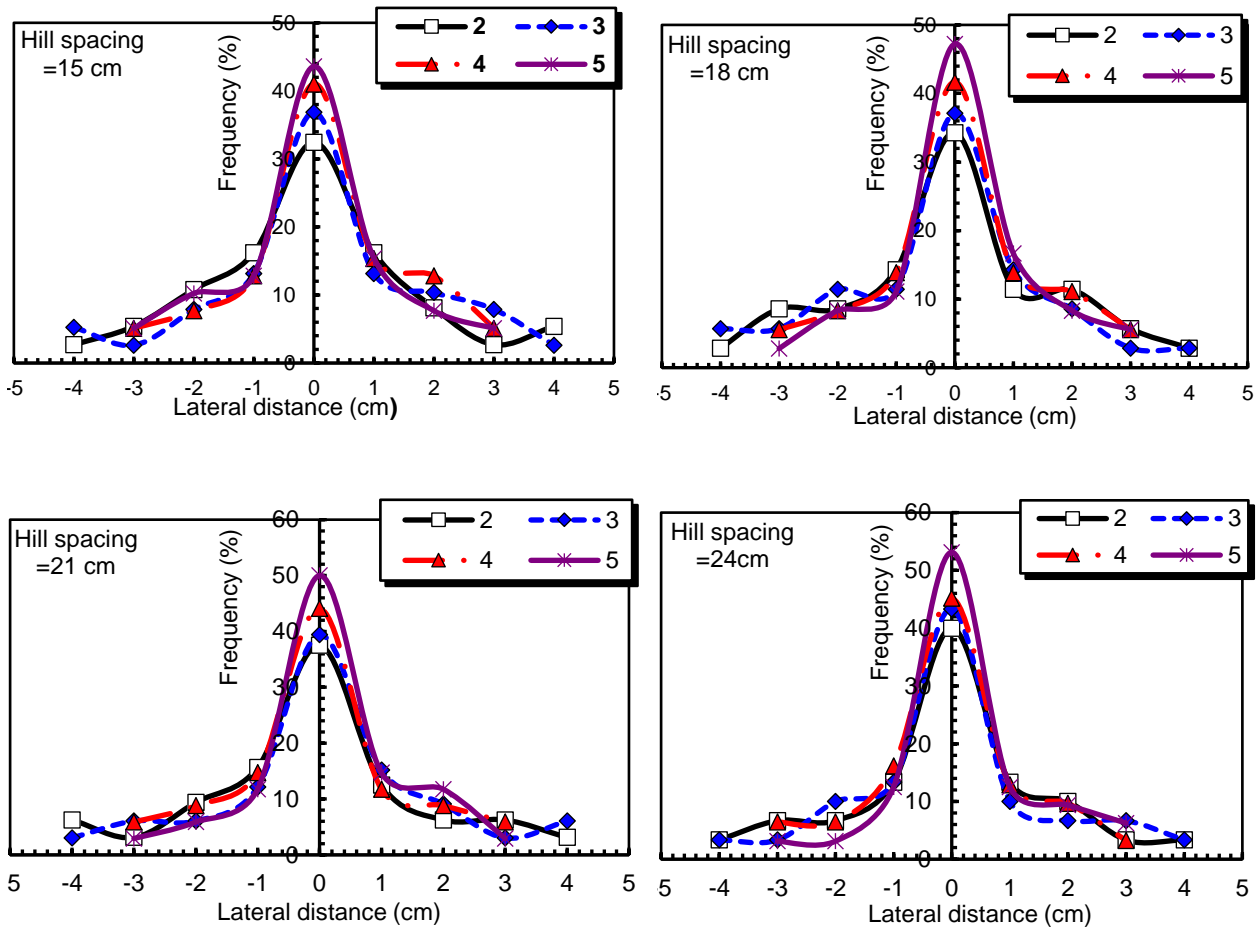


Figure 8. Effect of sowing depth (cm) and theoretical hill spacing between plants (cm) on hill lateral dispersal.

A simple power regression analysis was used to relate the change in the coefficient of variation of hills' longitudinal dispersing with the change in the tested factors for all treatments

The regression equation was $C.V. (\%) = 29.296 - 2.025 S_d - 0.3758 H_s$ ($R^2=0.9582$), where S_d is sowing depth, and H_s is hill spacing.

3.3. Factors affecting emergence (%)

Figure 9 illustrates the correlation between theoretical hill spacing and the average emergence percentage at various sowing depths. Increasing theoretical hill spacing and sowing depth improved the mean emergence percentage. The highest value of the mean emergence percentage was 93.26% for theoretical hill spacing of 24 cm and a 5 cm sowing depth. The minimum value of the mean emergence percentage was 83.23% for theoretical hill spacing of 15 cm and a 2 cm sowing depth.

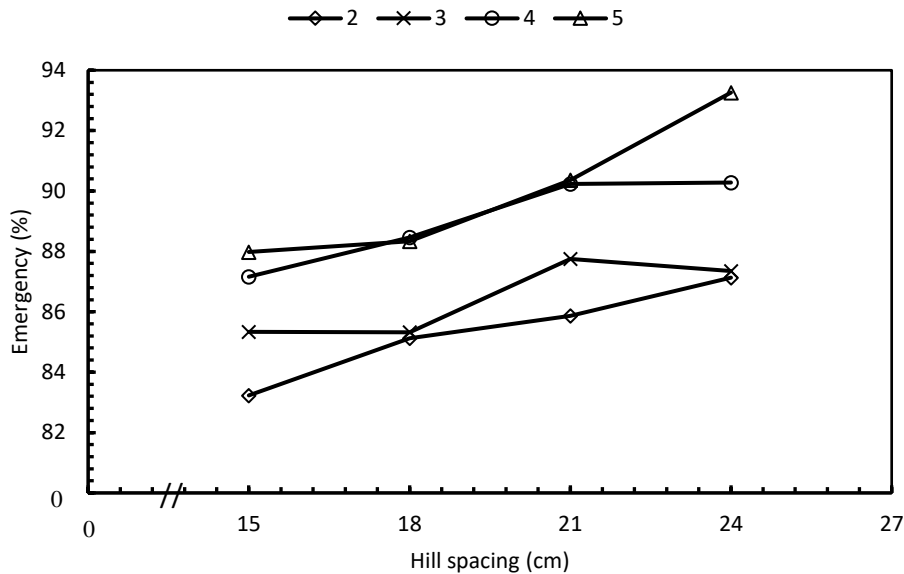


Figure 9. Effect of sowing depth (cm) and theoretical hill spacing between plants (cm) on emergence (%)

The obtained regression equation was emergence (%) = 73.73 + 1.660 S_d + 0.4181 H_s (R²=0.9267).

The current results indicated that the sowing depth had Significant effects on both of longitudinal dispersing and emergence percentage (p<0.0001). The increased sowing depth coupled by an ascending order for longitudinal dispersing as well as descending order for emergence. Regardless the effect of sowing depth, the effect of hill spacing also affected aforementioned two parameters significantly (p<0.0001, 0.0014, respectively). In contrast, the effect of the interaction between sowing depth and hilling spacing had not significant effects (p>0.05) (Table 3).

Table 3. Means along with their standard error for longitudinal dispersing and emergence percentage affected by studied factors.

Items	Longitudinal dispersing (%)	Emergence (%)
Sowing depth		
2	19.47±0.79 ^a	85.33±0.81 ^b
3	18.42±0.74 ^a	86.44±0.64 ^b
4	16.26±0.90 ^b	89.03±0.75 ^a
5	13.40±0.58 ^c	89.98±1.25 ^a
Hill spacing		
15	18.44±0.91 ^a	85.92±0.76 ^c
18	17.63±0.71 ^{ab}	86.81±0.61 ^{bc}
21	16.44±0.76 ^b	88.55±0.86 ^{ab}
24	15.04±0.80 ^c	89.50±0.93 ^a
p-Value		
Sowing depth	<.0001	<.0001
Hill spacing	<.0001	0.0014
Interaction	0.9776	0.9282

Lin; linear regression; Means within a row without a common superscript letter differ at p<.05.

3.4. Cost analysis

Table 4 shows the materials utilized for this project and its overall cost. The total fabrication cost of the seeder was about 3835 EGP (US 127.83 \$) in 2023. The materials required were available in the local market.

Table 4. lists the materials utilized for this project and its overall cost.

S/N	Material description	Quantity	Unit, EGP	Total, EGP
1	Metal	-	-	420
2	Arduino Board (Arduino Uno)	1	200	200
3	P.W.M. Board (kit mosfet board 15 A 400 W)	1	30	30
4	Bearings (ID : 10 mm , O.D. : 15 mm, T: 4.5 – 5 mm)	1	30	30
5	Cultivator	2	50	100
6	Rubber wheels (dia. 35 cm)	2	100	200
7	Pressure wheels (dia. 20 cm)	2	50	100
8	Springs	2	10	20
9	Insulation and paint materials	-	-	50
10	Circular plate	2	-	-
11	Bolts and nuts	-	-	50
12	Solar panel 600×400×25 mm	1	350	350
13	Solar charger controller	1	200	200
14	Photocell	2	15	30
15	Stepper motor Nema 23	2	45	90
16	DC motors 12 V (775)	2	180	360
17	Stepper Motor Driver (TB6600 4A)	2	100	200
18	Battery (12 V – 7 A)	2	200	400
19	Incremental Optical Rotary Encoder (for Wheel " 360+ P/R - 500+ R/m ")	1	250	250
20	Rotary Encoder (for LCD Screen "KY040 ")	1	20	20
21	LCD Screen + IIC Board (2X16 Green)	1	45	45
22	Power Switches + LED + fan	-	-	50
23	2 Pin Power Connectors (G.X. 16)	4	8	32
24	4 Pin Power Connectors (G.X. 16)	6	8	48
25	Stepper Motor Coupler (6.35X10 mm)	2	15	30
26	DC Motor Coupler (Fixed 5X8 mm)	2	15	30
27	Vacuum Cleaner Turbin	2	75	150
28	Cables	-	-	50
Manufacturing				300
Total machine price, EGP				3,835 (US 127.83 \$)

Table 5. Comparing the total cost of the developed machine and the manual process.

Specification	Manufactured boat	Manual method
Machine price, EGP	3,835 (127.83 \$)	
Depreciation costs, EGP	690.3 (23.01 \$)	
Interest costs, EGP	253.11 (8.44 \$)	
Shelter, taxes and insurance costs, EGP	115.05 (3.84 \$)	
Fixed costs, EGP h ⁻¹	0.147 (0.005 \$ per hr)	
Repair and maintenance costs, LE h ⁻¹	0.096 (0.003 \$ per hr)	
Labor costs, EGP h ⁻¹	1×30 =30 (1.0 \$ per hr)	20×30=600 (20 \$ per hr)
Variable costs, EGP h ⁻¹	30.096 (1.003 \$ per hr)	
Total cost, EGP h ⁻¹	30.243 (1.008 \$ per hr)	600 (20 \$ per hr)

^{EGP} Egyptian pound
 One U.S \$ = 30 EGP

The total operating costs of the manufactured machine and the traditional manual method are compared in *Table 5*. Its expected life is about ten years. It is utilized eight hours a day, or about 90 days a year, so the total operating hours

were 7,200. One skilled worker is adequate to complete the entire seeding operation, so the labor cost was 30 EGP per hr. (1.0 \$ per hr.). In comparison, the manual method required twenty workers to sow the required crop on 4,200 m² per day, and this costs about 600 EGP per hr. (20 \$ per hr). The manufactured machine can reduce seeding costs from 600 EGP per hr. (20 \$ per hr) to 30.243 EGP/h (US 1.008 \$ per hr), for an approximate 94.96% cost reduction ratio. As a result, the costs associated with paying labor payments will be significantly decreased, increasing farmers' profits. Moreover, labor time and effort are saved.

4. Conclusions

Egypt is a developing country that depends mainly on agriculture to feed its people. Especially with the scattered holdings, small machines are considered helpful in Egypt. Also, the production and productivity of pea seeds as a vegetable crop were relatively low in Egypt. With the latest technological improvements, the developed machine could make farming more feasible, affordable, and user-friendly. This research explored the possibility of utilizing new equipment for seeding pea seeds. Four theoretical hill spacings of 15, 18, 21, and 24 cm and four sowing depths of 2, 3, 4, and 5 cm were studied. The best values of longitudinal dispersing, lateral dispersing, and emergence percentage were obtained at a theoretical hill spacing of 24 cm and a sowing depth of 5 cm. The manufactured machine can reduce seeding costs from 600 EGP h⁻¹ (20 \$ per hr) to 30.48 EGP h⁻¹ (1.008 \$ per hr), for an approximate 94.96% reduction. It is recommended to utilize this machine for small and medium farmers to plant pea seeds and other seeds such as corn, soybeans, etc. To get more benefits and enhance the usage of this machine, it is recommended that it be used for spraying pesticides, etc. By utilizing this machine, we can enhance sowing rates while also protecting seeds from damage. Also, it can be utilized in small spaces, so it is very beneficial for small-scale farmers.

Challenges and Future Studies

This machine will require human power to push it, which is a disadvantage. Efforts should be made to convert it to a self-propelled machine.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interest or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper. We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, Yasser Kamal Osman, Enas Lokman Abdellatif Salem; Design: Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, Yasser Kamal Osman, Enas Lokman Abdellatif Salem; Data Collection or Processing: Yasser Kamal Osman, Enas Lokman Abdellatif Salem; Statistical Analyses: Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi; Literature Search: Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, Yasser Kamal Osman; Writing, Review and Editing: Mohamed Ali Ibrahim Al-Rajhi, Yasser Kamal Osman.

References

- Ani, O., Uzoejinwa, B. and Anochili, N. (2016). Design, construction and evaluation of a vertical plate maize seed planter for garden and small holder farmers. *Nigerian Journal of Technology*, 35(3): 647 – 655. <https://doi.org/10.4314/njt.v35i3.25>
- Bashiri, M., Ode, A. and Ogwuche, U. (2013). Development of a hand planter. *Journal of Research in National Development*, 11(2): 1-6.
- Bute, P. V., Deshmukh, S., Rai, G., Patil, C. and Deshmukh, V. (2018). Design and Fabrication of Multipurpose Agro System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(1): 865-868.
- Coates, W. (1992). Performance evaluation of a pendulum spreader. *Applied Engineering in Agriculture*, 8(3): 285-288. <https://doi.org/10.13031/2013.26066>
- FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (Accessed Date: 02.07.2022)
- Goswami, K. and Shukla, P. (2019). Evaluation of improved varieties of field pea (*Pisum sativum*) for nutritional and functional quality. *International Journal of Chemical Studies*, 7(5): 2260–2266.
- Kaiser, A. C., Barber, N., Manthey, F. and Hall, C. (2019). Physicochemical properties of hammer-milled yellow split pea (*Pisum Sativum* L.). *Cereal Chemistry*, 96(2): 313–323. <https://doi.org/10.1002/cche.10127>
- Millar, K.A., Gallagher, E., Burke, R., McCarthy, S. and Barry-Ryan, C. (2019). Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82: 103233. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>
- Mishra, N. K., Khare, S., Singh, S. and Dabur, M. (2017). Multi-purpose agriculture machine. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 5(1): 40-43.
- MOAGS (2016). Holdings and Their Characterization, General Directorate of Agricultural Statistics, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, - Egypt :1-12. (in Arabic).
- Moharram, N. A., Tarek, A., Gaber, M. and Bayoumi, S. (2022). Brief review on Egypt’s renewable energy current status and future vision. *Energy Reports*, 8: 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.06.103>
- Pundkar, M. R. and Mahalle A. K. (2015). A seed sowing machine: A review. *International Journal of Engineering and Social Science*, 3 (3): 68-74.
- Rabbani, M. A., Hossain, M. M., Asha, J. F. and Khan, N. A. (2016). Design and development of a low-cost planter for maize establishment. *Journal of Science, Technology and Environment Informatics*, 4(1): 270-279. <https://doi.org/10.18801/jstei.040116.30>
- Robinson, G. H. J., Balk, J. and Domoney, C. (2019). Improving pulse crops as a source of protein, starch and micronutrients. *Nutrition Bulletin*, 44(3): 202–215. <https://doi.org/10.1111/mbu.12399>
- Rohokale, A. B., Shewale, P. D., Pokharkar, S. B. and Sanap, K. K. (2014). A review on multi-seed sowing machines. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 5(2): 180-186.
- SAS (2012). Version 90 SAS Institute Inc Cary NC.
- Shree Harsha, B. T., Chellur, S., Aparna Latha, A. and Sandeep Kumar, Y. H. M. (2017). Multi-purpose Agricultural Vehicle. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(6): 125-129.
- Sujon, M. D. I., Nasir, R., Habib, M. M. I., Nomaan M. I., Baidya J. and Islam, M. R. (2018). Agribot: Arduino Controlled Autonomous Multipurpose Farm Machinery Robot for Small to Medium Scale Cultivation. *IEEE Conference on Intelligent Autonomous Systems*, March pp. 155-159. <https://doi.org/10.1109/ICoIAS.2018.8494164>
- Swetha, S. and Shreeharsha. G. H. (2015). Solar Operated Seed Sowing Machine. *International Journal of Advanced Agriculture Sciences and Technology*, 4(1): 67-71.
- Turkboyları E. Y. and Yuksel 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. <https://doi.org/10.33462/jotaf.726165>
- Turkboyları, E. Y. (2018). Disinfection of hotbeds with the thermal energy generated by solar collectors under climatic conditions of Tekirdağ. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(1): 123-128.
- Umankar, S. and Karwankar, A. (2016). Automated Seed Sowing Agribot Using Arduino. *International Conference on Communication and Signal Processing, Melmaruvathur, Tamilnadu; India; 4-6 April, Category numberCFPI689M-ART; Code 124976*, pp. 1379-1383. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754380>


A Research on Satisfaction Levels of Water Buffalo Breeders in Sivas Province, Türkiye Türkiye, Sivas İli Manda Yetiştiricilerinin Memnuniyet Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma

Gökçe ÖZDEMİR^{1*}

Abstract

Buffaloes can adapt to different regional and climatic conditions, yield high quality milk and meat products and are suitable for organic animal husbandry, which provides significant advantages in livestock raising. In this study, a total of 122 buffalo breeders living in the center of Sivas province, Şarkışla and Suşehri districts were examined in terms of age, gender, educational level and satisfaction with breeding buffaloes, reasons for breeding, problems encountered in breeding and expectations using a survey. The participants were mostly middle-aged individuals (89.3%). It was found that 67.2% of them graduated from primary school while 12.3% graduated from high school. It was revealed that the participants were breeding buffaloes in order to meet the daily needs of their homes (29%), were pleased with breeding them (91.8%) and had such positive views that they advised their children to breed buffaloes (62.7%). 64 % of the participants stated that they were satisfied with buffalo breeding for quality of dairy products and the high prices of these products. The buffalo breeders reported their breeding problems as high costs of fodder (35%), low meat price (25%) and the lack of market (10%) while they predicted that the buffalo breeding may become more profitable (95.6%) with the help of solutions to be made by the authorities. In order to achieve this aim, the breeders declared their demands to increase prices of their products sold in the market (34.4%), and loan limits for purchasing fodder and husbandry (33.7%). A significant relationship was found between the participants' gender and the views that their work could be made profitable ($p<0.001$). It was also revealed that there was a significant relationship between the satisfaction level of the participants and recommending breeding buffaloes to their children ($p<0.05$) and the views that their work could be made profitable ($p<0.001$). When the problems of buffalo breeders in Sivas province, expectations from the authorities and solutions to be offered are considered as a whole, it can be interpreted that increasing the quality of production, preference of conscious breeding practices in animal selection, pricing that will guarantee production and developing new marketing opportunities will be beneficial to overcoming problems.

Keywords: Water buffalo breeding, Satisfaction, Problems, Expectations, Profitability

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Gökçe Özdemir, Department of Animal Science and Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Sivas Cumhuriyet University, Sivas and Turkey. E-mail: gokceozdemir@cumhuriyet.edu.tr  ORCID: 0000-0003-1977-130X

Atıf: Özdemir, G. (2024). Türkiye, Sivas ili manda yetiştiricilerinin memnuniyet düzeyleri üzerine bir araştırma. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 444-456.

Citation: Özdemir, G. (2024). A research on satisfaction levels of water buffalo breeders in Sivas Province, Türkiye. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*21(2): 444-456.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Farklı bölge ve iklim koşullarına adapte olabilen, kaliteli süt ve et ürünlerine sahip ve organik hayvancılığa uygun olan mandalar, önemli avantajlara sahip bir hayvan yetiştiriciliği koludur. Bu çalışmada, Sivas ili Merkez, Şarkışla ve Suşehri ilçelerinde toplam 122 manda yetiştiricisine ait yaş, cinsiyet, eğitim ve memnuniyet durumları, manda yetiştirme nedenleri, yetiştiricilik sorunları ve beklentilerine yönelik olarak yapılan anket verileri incelendi. Katılımcıların, ağırlıklı olarak; orta yaş (%89.3) grubunda ve eğitim durumunun %67.2'sinde ilkokul, %12.3'ünde lise düzeyinde olduğu tespit edildi. Katılımcıların, daha çok evlerinin günlük ihtiyaçlarını karşılamak (%29) amacıyla manda yetiştiriciliği yaptıkları, yetiştiricilikten memnuniyet duydukları (%91.8) ve çocuklarına tavsiye etme (%62.7) yönünde olumlu düşüncelere sahip oldukları tespit edildi. Manda yetiştiriciliğinden memnun olma nedeni olarak katılımcıların %64'ü süt ve süt ürünlerinin kalitesi ile bu ürün fiyatlarının yüksek olduğu görüşünü belirttiler. Yetiştiricilik sorunları; yüksek yem fiyatı (%35), düşük et fiyatı (%25) ve pazar bulunamaması (%10) olarak belirtilirken, yetiştiriciler yetkili merciler tarafından üretilecek çözümler ile manda yetiştiriciliğinin daha karlı bir hale gelebileceği noktasında bir ön görüşe (%95.6) sahip olduklarını bildirdiler. Manda yetiştiriciliğinin karlı hale getirilebilmesi için yetiştiriciler, pazar fiyatlarının artırılması (%34.4), yem alımı ve damızlıkta kredi artırılması (%33.7) yönündeki taleplerini beyan ettiler. Katılımcıların, cinsiyetleri ile işlerinin karlı hale getirilebileceği görüşleri ($p<0.001$) ve yaptıkları işten memnuniyetleri ile çocuklarına tavsiye etme ($p<0.05$) ve memnuniyetleri ile işlerinin karlı hale getirilebileceği görüşleri ($p<0.001$) arasında bir ilişki olduğu saptandı. Sivas ili özelinde manda yetiştiricilerinin sorunları, yetkililerden beklentileri ve çözüm önerileri bir bütün olarak değerlendirildiğinde; üretim kalitesini artırılması, damızlık hayvan seçiminde bilinçli yetiştiricilik uygulamalarının tercih edilmesi, üretimi garanti altına alan fiyatlandırma ve yeni pazarlama imkanlarının geliştirilmesi gibi yaklaşımların faydalı olacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Manda yetiştiriciliği, Memnuniyet, Sorunlar, Beklentiler, Karlılık

1. Introduction

In the past century, the number of buffaloes has decreased significantly in many countries in Asia, Europe and the Near East due to several factors such as low milk yield, preference of imported dairy cattle products, decreased demand for products, mechanization in the agricultural sector and rapidly changing socio-economic conditions (Borghese, 2010; Yilmaz et al., 2012; Naveena and Kiran 2014). In order to eliminate this situation, many countries have put great efforts to increase milk and meat production and create a market for quality buffalo products that will increase consumer demand and dealt with the problems of buffalo breeding (Bernardes, 2007; Borghese, 2010; Sariözkan, 2011; Naveena and Kiran 2014). Buffalo breeding has managed to exist in difficult conditions as a traditional economic activity that provides motivation especially for small family businesses with its advantages such as quality milk and meat products and suitable for organic animal husbandry in any climatic condition in a period when climate change is invariably a part of global agenda (Atasever and Erdem, 2008; Şahin et al., 2013; Borghese and Mazzi 2005; Soysal, 2014).

The number of buffaloes, which was 1,117,000 in the 1980s in Türkiye, decreased to 84,705 in 2007. This decrease in buffalo population is explained by application of genotype improvement efforts only in cattle and the change of preference for cattle breeds (Gürcan et al., 2011; Sariözkan, 2011). In order to reverse the current situation, special incentives and support programs have been established by the Ministry of Agriculture and Forestry, and the institutions and organizations related to national and regional projects contributed to the development of buffalo breeding by supporting producers (Sariözkan, 2011; Soysal, 2014). As a result of all these efforts, in 2021, the population of Anatolian buffaloes reached 185,574 (TÜİK, 2022). The new developments that focus on buffalo breeding as a branch of livestocking and problems encountered in buffalo breeding have also required to conduct more research in this field (Çiçek and Tandoğan, 2009; Yilmaz et al., 2012).

While the number of buffaloes in Sivas province was 1,807 in 2009, it increased to 5,103 in 2022. As a result of the studies carried out within the scope of both public and breeding unions and universities in order to develop buffalo breeding as a livestock production branch, an increase was seen in the number of buffaloes in Sivas as well as throughout the country (Anonymous, 2015; 2016; 2018; 2022). The province of Sivas ranks ninth in Türkiye in terms of the number of buffaloes and has appropriate conditions for livestock raising with its geographical structure and large pastoral areas (Anonymous, 2015; 2018).

This study sought to ascertain breeders' motivations for breeding buffalo, their levels of satisfaction, production issues, breeders' expectations, and suggestions for solutions in the Sivas province.

2. Materials and Methods

The study sample consisted of the buffalo breeders selected according to the data provided by Sivas Provincial Directorate of Agriculture and Forestry and Buffalo Breeders Union. It was determined by the clustered sampling method among 177 water buffalo breeders on the basis of districts, villages and businesses where breeding is intensively made (Özdamar, 2013). The study data were collected through face-to-face interviews with a total of 122 buffalo breeders in 20 villages located in the center of Sivas (68 participants), Şarkışla (15 participants) and Suşehri (39 participants) districts. The survey questions were developed by using previous studies in the literature (Özdemir and Özdemir, 2016; Özdemir, 2021). Questionnaire was conducted between September 2019 and January 2020. The data obtained from 18 questions from the problems and expectations section of the questionnaire. The survey included questions related to age, gender, educational and satisfaction level, reasons for breeding buffalo, breeding problems, expectations and solutions.

2.1. Statistical analysis

The data obtained in the study were analyzed by using and with Chi-Square (χ^2) independence test on SPSS 28.0 package program. The number of cells with expected values less than 5 in the Chi-Square test crosstabs r*c tables belonging to some variables is more than 20% of the total number of cells in the table. Monte Carlo Exact Pearson Chi-Square test analysis done, instead of combining row and column cells. R*C Exact Chi-Square test results obtained with the combinatorial approach were used (Özdamar, 2013). Based on the analysis of the cross tables, the results were presented using descriptive statistics, frequencies, p significance level and Monte Carlo Pearson Chi-Square values ($MC \chi^2_p$), and correlation coefficients (r) (Spearman) of the variables.

3. Results and Discussion

The participants' characteristics such as age, gender, educational level, social security and business ownership were presented in *Table 1*. 43.4% of the participants were found to be 46-50 years of age. 29.5% of them were aged between 36-45 years and 16.4% of them were 56 years and older. 73.8% of them were male and 26.2% of them were female. 67.2% of the participants reported that they were primary school graduate while 12.3% of them were high school graduate and 9% of them were secondary school graduates. 3 participants from Sivas and Suşehri were university graduates. Although the participants had different social security statuses, it was determined that they were mostly members of BAĞ-KUR (56.6%) (Social Security Organization for Artisans and the Self-Employed) and SGK (11.5%) (The Social Security Institution). The rate of the breeders who did not have any social security was determined as 20.5%. 96.7% of the breeders stated that they owned their business. Age, gender and educational level of buffalo breeders in Sivas, Şarkışla and Suşehri districts were found to have greater socio-demographic advantage compared to the literature. Aşkan and Dağdemir (2015) reported that both gross production value and milk production value was increased by the fact that the breeders were young and had a high level of education. In his study, Çiftçi and Yılmaz (2020) found that 98.53% of the breeders were male, 54.41 % of them were 40 years and older and were primary school (55.9%), secondary school (16.2%) and high school (15.4%) and university graduates. Soysal et al. (2005) found in his study that 79% of the participants were aged between 18-60 years and 93 % of them graduated from at least primary school while 7% of them did not receive any education. Saner et al. (2022) reported that the average age of buffalo breeders was 45.89 years and received education for an average of 6.58 years. Şeker et al. (2012) found that 8.0% of the breeders in Muş were not literate, 38.4% of them graduated from primary school while 2.4% of them graduated from university. Karadavut et al. (2010) found that 53.85% of the participants did not have a social security in their study. The low rate of participants (20.5%) without social security in this study can be explained by the fact that female breeders who are housewives are included in this group. It is mandatory for the producers/breeders to ensure the continuity of production with stable income in their own businesses and to have social security for the sectors based on natural conditions.

Table 1. Demographic, social security and property information of the participants

Questions	Parameters	Central		Şarkışla		Suşehri		Sivas Total		χ^2/p
		n	%	n	%	n	%	n	%	
Age	0-15	-	-	-	-	-	-	-	-	5.855 ^{NS}
	16-30	8	11.8	3	20	2	5.1	13	10.7	
	31-45	20	29.4	6	40	10	25.6	36	29.5	
	46-50	31	45.6	4	26.7	18	46.2	53	43.4	
	51 > +	9	13.2	2	13.3	9	23.1	20	16.4	
Gender	Man	51	75	9	60	30	76.9	89	73.8	1.723 ^{NS}
	Woman	17	25	6	40	9	23.1	32	26.2	
Education	Illiterate	4	5.9	1	6.7	1	2.6	6	4.9	18.055 ^{NS}
	Literate	4	5.9	-	-	1	2.6	5	4.1	
	Primary school graduate	47	69.1	8	53.3	27	69.2	82	67.2	
	Secondary school graduate	8	11.8	-	-	3	7.7	11	9	
	High school graduate	3	4.4	6	40	6	15.4	15	12.3	
University graduate	2	2.9	-	-	1	2.6	3	2.5		
Social Insurance	BAĞ-KUR	34	50	10	66.7	25	64.1	69	56.6	7.293 ^{NS}
	SGK	10	14.7	-	-	4	10.3	14	11.5	
	Green Card	3	4.4	-	-	3	7.7	6	4.9	
	Pension fund	6	8.8	1	6.7	1	2.6	8	6.6	
	No assurance	15	22.1	4	26.7	6	15.4	25	20.5	
Ownership of the business	Yes	65	95.6	15	100	38	97.4	118	96.7	0.847 ^{NS}
	No	3	4.4	-	-	1	2.6	4	3.3	
	Partner	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rent	-	-	-	-	-	-	-	-	

n: Frequency, %: Percent, χ^2 : Monte Carlo Pearson Chi Square (MC χ^2_p), P: Significance Level, NS: Not significant.

The breeders expressed the reasons for breeding as “meeting daily household needs” (29%), “income for livelihood” (25%), “due to geographical conditions” (16%) and “my family profession” (12%) (Figure 1). Breeding buffaloes is a livestock branch with significant advantages, including utilising the geographical conditions for production while also providing a source of nutrition as well as serving as a bumper for support for the family in case of cash needs and income through the sale of surplus products in the countryside. In a study conducted in Bingöl, the breeders stated that they bred buffaloes to meet household needs, keep family business and due to appropriate geographical conditions (Özdemir and Özdemir, 2016). Şeker et al. (2012) reported that those who were engaged in breeding cattle did this work for livelihood (55.1%) or financial contribution to family (33.9%). In a study conducted in the Philippines, the main reasons for breeding buffaloes especially due to the effect of climate changes included the need for alternative livelihoods, having regular income (95%) and support from government programs (42%) and non-governmental organisations (28%), maintaining health (24%) and a passion for breeding buffalo (6%). In the same study, it was reported that the participants unanimously considered the buffaloes as a source of livelihood for their family and benefitted from their milk (86%), force (70%), and fertilizer (39%) sales by selling alive animals (94%), since it is a production model that gains value thanks to its multi-faceted production (Escarcha et al., 2020).

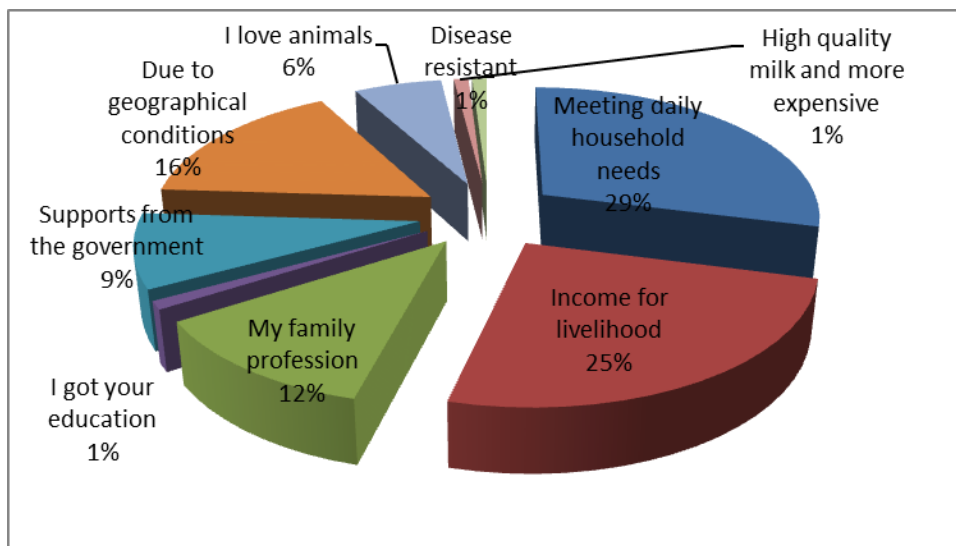


Figure 1. Reasons of the participants to raise the water buffalo

The participants' responses of to the questions related to satisfaction levels, recommending breeding buffaloes to their children, work areas if they quit breeding and costs were presented in Table 2. 91.8% of the participants clearly reported that they were satisfied with buffalo breeding. The fact that the high level of satisfaction and general positive attitudes towards breeding buffaloes is thought to be the main factor in the sustainability of this breeding. Only 10 (8.2%) participants stated that they were not satisfied with buffalo breeding. When these participants were asked to explain the reasons for their dissatisfaction, they expressed the difficulties they experienced in terms of caring for buffaloes general livestock raising problems such as high fodder prices, inadequacy of support and lack of marketing. In a study conducted in Balıkesir, it was found that the breeders intended to make new investments in buffalo breeding in the upcoming periods and that this situation will continue to be more widespread (Saner et al., 2022). In his study Karadavut et al. (2010) found that 87.18 % of the breeders were not satisfied with breeding. In the same study, 66.67% of the breeders complained about the low prices of their products. 16.67% of them stated that they did not have any other job. 11.76% of them were not satisfied with their low income and 4.90% of them emphasised the lack of marketing opportunities. It was found that 62.7% of the breeders had a positive idea about whether they would recommend buffalo breeding to their children while 37.3% did not agree with this view (Table 2). 35.4% of the breeders who were asked what to do if they quit buffalo breeding stated that they would never do this. However, 31.9% of the participants stated that they would start farming if necessary while 15% of them stated that they would breed cattle, and 15% of them stated that they would give up livestock raising and deal with other livestocking branches. A significant number of the breeders who stated that they would not give up their buffalo breeding and that they were satisfied with buffalo breeding emphasized that they would continue to work in another livestock raising branch if necessary. The indispensability

of buffalo breeding in view of the breeders' views can be explained by their durability and adaptability to every climate, relatively low consumption of fodder and grazing in the pastures, capacity to benefit from larger areas and the importance of buffalo products in nutrition and their high economic value. The views of the participants related to buffalo breeding are thought to be influenced by guaranteed income in addition to traditions and cultural structure. In a study conducted in Bingöl, 80% of the participants recommended breeding buffaloes to their children (Özdemir and Özdemir, 2016). Although the farmers never rely on a single livelihood as a source of income within the agricultural production economy, they always focus on areas with the highest profits and develop a productive behavior towards diversifying their agricultural activities (Escarcha et al. 2020). It is seen that the buffalo breeders in Sivas have such a similar background in producing animal products. Mostly, small family businesses, which prefer mixed (vegetative-animal) production model, generally optimize the benefits of both production. Basically, vegetative production is used as a source of income and cash flow while animals production is used as a source of capital. Since animal production is a more adaptable and sustainable source of livelihood, it always maintains its potential and place in rural production (Escarcha et al. 2020).

Table 2. Satisfaction status data of participants in buffalo farming

Questions	Parameters	Central		Şarkışla		Suşehri		Sivas Total		χ^2/p
		n	%	n	%	n	%	n	%	
Satisfaction	Yes	60	88.2	15	100	37	94.9	112	91.8	2.978 ^{NS}
	No	8	11.8	-	-	2	5.1	10	8.2	
Recommending breeding buffaloes to their children	Yes	37	56.1	11	84.6	26	66.7	74	62.7	4.177 ^{NS}
	No	29	43.9	2	15.4	13	33.3	44	37.3	
Work areas if they quit breeding	Farming	27 ^a	42.9	3 ^{ab}	21.4	6 ^b	16.7	36	31.9	33.984 ^{***}
	I dont give up	10 ^a	15.9	8 ^b	57.1	22 ^b	61.1	40	35.4	
	Cattle Breeding (dairy/meat)	15 ^a	23.7	-	-	2 ^b	5.6	17	15	
	Livestock (Poultry / Sheep-Goat breeding / Beekeeping)	11	17.5	2	14.3	4	11.1	17	15	
	Pension	-	-	1	7.1	2	5.6	3	2.7	

n: Frequency, %: Percent, χ^2 : Monte Carlo Pearson Chi Square (MC χ^2_p), P: Significance Level, NS: Not significant., *: $p < 0.05$

a,b: Within a row, different superscript letters indicate statistically significant differences between compared frequencies (% within district).

64% of the participants stated that they were satisfied with buffalo breeding for quality of dairy products and the high prices of these products (Figure 2). During the interviews of the participants, it is notable that they are breeding buffaloes to meet their daily needs and emphasize the quality and taste of buffalo products with superior and distinctive properties against cattle products. Buffalo milking is a special livelihood strategy that offers economic advantages to the breeders in the midst of agricultural difficulties. The profits obtained from the buffalo milk ensure that the breeders guarantee their livelihood and security. The buffalo milk can be priced about two to three times compared to cattle milk (Bernardes, 2007; de la Cruz-Cruz et al., 2014; Escarcha et al., 2020). Milk is the staple product in buffalo businesses. The buffalo milk is used to prepare various special products. As a rising trend, it is reported that buffalo breeding gained more importance among the animal breeders since the popularity of buffalo meat and milk production rose with the consumer demand (Soysal et al. 2005). The buffalo milk is appreciated due to production of famous Turkish desserts besides quality products such as yoghurt, cheese and butter, and thus is preferred. This is the most important source of motivation for the breeders to raise buffaloes (Soysal and Kok, 2004; Azabağoğlu and Hurma, 2014; Degirmencioglu et al., 2015).

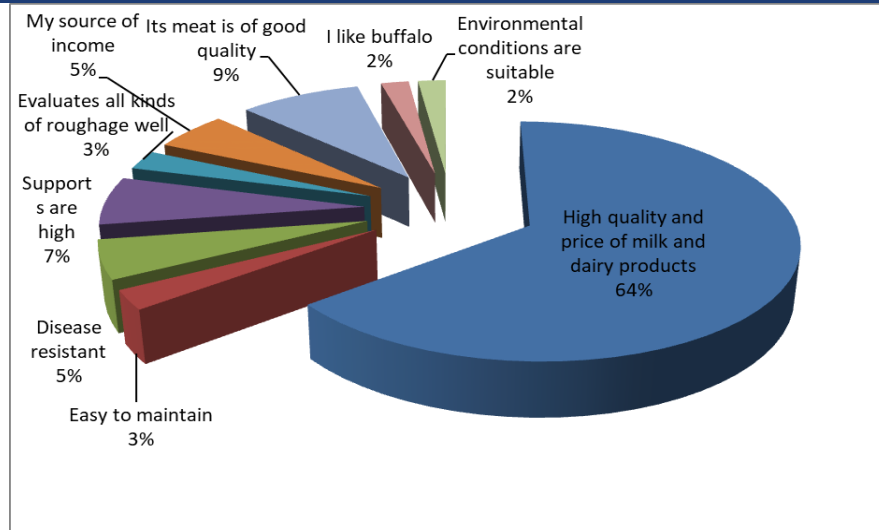


Figure 2. Reasons for participants' satisfaction with buffalo breeding

The breeders as the most important cost items in the business stated that they spent money for fodder (94.2%), animal diseases/health services (2.5%), shepherding (1.7%), workers' cost (0.8%), respectively. They also stated that the most important problem in breeding was high fodder prices, which is an important evidence that the fodder supply for the buffaloes makes the the breeding economically difficult. 48.7% of the breeders in Muş (Şeker et al., 2012) reported that fodder/fodder raw materials ranked the first place among their total costs. Most of the costs in livestock businesses are related to fodder supplies (70-80%). The high costs of fodder materials and the insufficiency of fodder production of fodder raw materials are the most important problems of livestock raising in Türkiye. Although the fodder costs are at the forefront, feeding based on natural pasture is the main feature of the buffalo breeding system (Ligda and Georgoudis, 2005; Borghese, 2010; Degirmencioglu et al., 2015). The fact that the buffalo breeding is a livestock activity carried out under extensive conditions due to the geographical conditions reported as one of the main reasons for breeding is considered the main reason for the continuation of buffalo breeding in this region for many years and its huge popularity among the breeders. However, 0.8% of the participants did not have any costs.

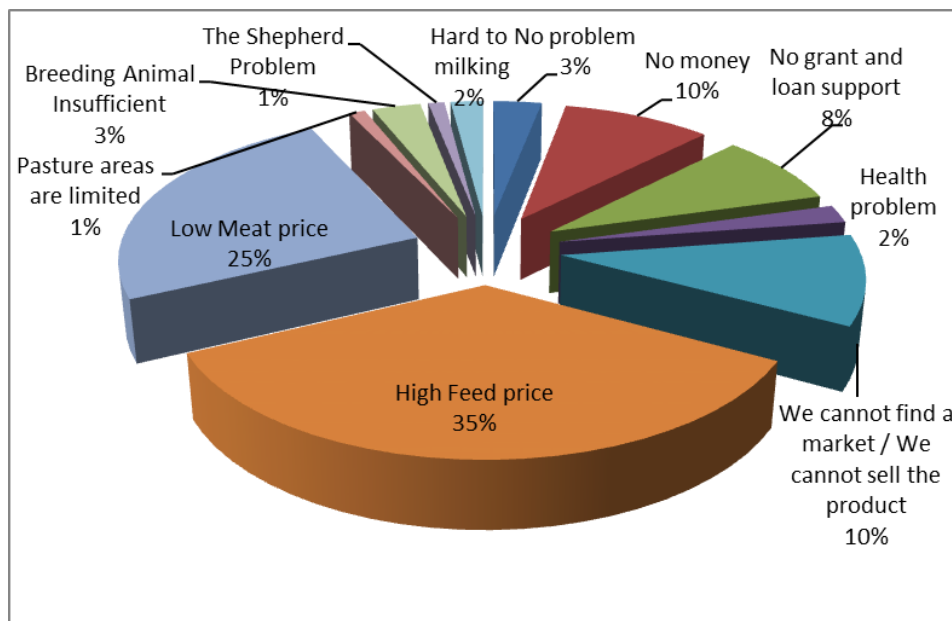


Figure 3. Problems of buffalo farming

They reported the major problems of buffalo breeding as high fodder prices (35%), low meat prices and lack of marketing (25%) and failure to sell their products (10%) (Figure 3). Although the buffalo meat has an excellent sensory quality, the change in market prices causes the breeders not to gain much in response to their efforts. The

prices of the buffaloes in live or their meat are significantly low compared to cattle prices. The findings of the current study (Karadavut et al., 2010; Özdemir and Özdemir 2016; Çiftçi and Yılmaz 2020) overlap with other studies that identified other variables that affect the profitability of the breeders such as low product prices and high fodder prices. In addition to these problems, Saner et al. (2022) stated that the problems such as inadequacy of supports, insufficiency of pastures around the villages and inadequate payments for milk. Commercial production, decisions and actions of businesses in the livestock sector are shaped by the costs, needs and preferences for production. Knowing needs and preferences makes it possible to predict future market reactions (Marin et al., 2017).

The breeders reported their expectations from the authorities to lower fodder prices (26.2%), increase marketing facilities of the products (17%) and distributing breeding animals (17%) (Figure 4). In some studies carried out in different livestock branches, it has been reported that the breeders have expectations from the government in terms of fodder prices, bank credits, veterinary medical services, breeding animal supply, education and marketing issues (Şahinli and Özçelik, 2011; Şeker et al, 2012; Karli et al., 2018). In order for the businesses to make a more economical production under current conditions, they are required to organize the production by applying new methods and techniques and to develop new marketing policies (Marin et al., 2017). In order to meet the expectations of the breeders, sustainable marketing conditions should be created. First of all, this should be focused on environmental, social equality and economic concerns while developing access of small-scale businesses to market and marketing services as a holistic approach and marketing strategies. Local delicacies, safe production methods, protection of the environment and human health, local products and highlighting biodiversity issues will be beneficial to the production of buffalo and marketing of their products (Adanacioğlu, 2015). In the subject of breeding animal demand, the participants' desire to have animals with high milk yield for yielding more and high quality production will be possible by genetic improvement of the herds and increasing their quality. Due to the neglect of buffalo breeding for many years, the individual milk yields of buffaloes remain stable. In cattle, on the other hand, the efficiency per animal has increased continuously by efforts to improve herd genetics in order to increase milk production (Yılmaz et al., 2012). In order to increase productivity by transferring the experiences and advancements seen in cattle breeding to buffalo breeding, the conditions of breeders should be optimized for milk and meat production. Thanks to this information and accumulation transfer, a faster and greater success can be achieved (Bernardes, 2007). In order to develop buffalo cultivation and to guarantee its sustainability, the breeders should be informed and supported in production, herd management and marketing process. As they declare in the study, the breeders expect more support and incentives from the authorities.

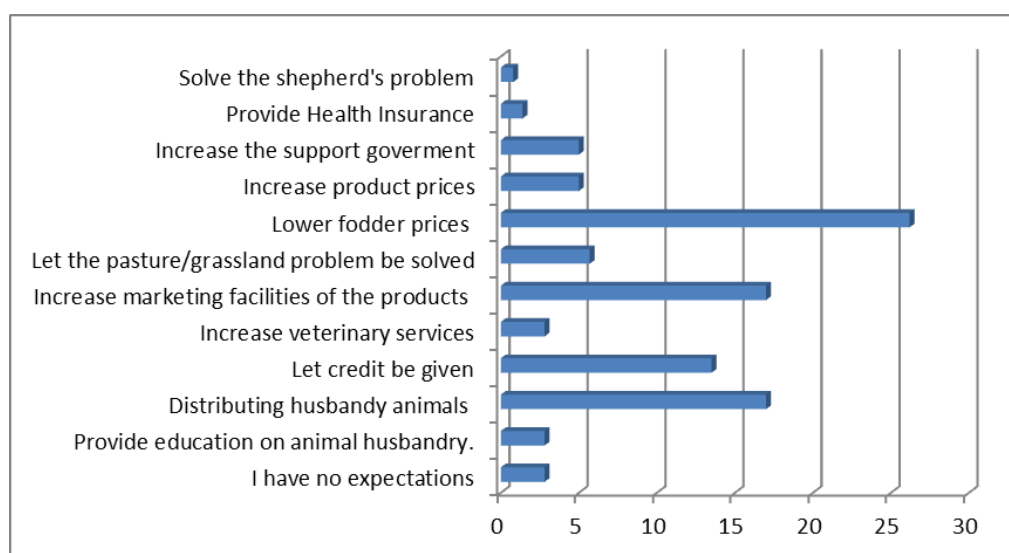


Figure 4. Expectations of breeders from authorities

When they were asked whether buffalo breeding could be made more profitable, 95.9% of the breeders responded positively. The buffalo is a stable source of income for farmers, a profitable breeding branch that provides production by using more efficient use of home labor and local resources. Profit is the main driving factor in the decisions and activities of farmers (Naveena and Kiran, 2014; Escarcha et al., 2020). In order to achieve this

aim, the breeders declared their demands to increase prices of their products sold in the market (34.4%) and loan limits for purchasing fodder and breeding animal (33.7%) (Figure 5). The two most important problems affecting the competitiveness of businesses in the livestock sector are low yield and high production costs. The low yield is closely related to the genetic structure of husbandry animals, caring and feeding conditions. The increased costs of the production compels the breeders more than in the past. At this point, in addition to productivity and cost issues, attempts should be made to provide cost and competitive advantage in the long term in terms of production, markets, incentives and supports (Ören and Bahadır, 2005). The fact that the breeders demand the marketing opportunities of their products to be increased is an urgent problem that is necessary to be solved immediately. It has been reported that the profits obtained from buffalo breeding promotes the welfare and livelihood of the family and allow the farmers to accumulate more livelihoods (Naveena and Kiran, 2014; Escarcha et al., 2020). Saner et al. (2022) stated that the continuation of the buffalo breeding businesses depends on the structure of input resources and the effective marketing. In another study on making buffalo breeding profitable, 95.9% of the participants responded positively and emphasized that the market prices (54.9%) and credits should be increased for fodder and breeding animal (23.9%), pasture areas (15.9%) and herd genetics should be improved (5.3%) (Özdemir and Özdemir, 2016).

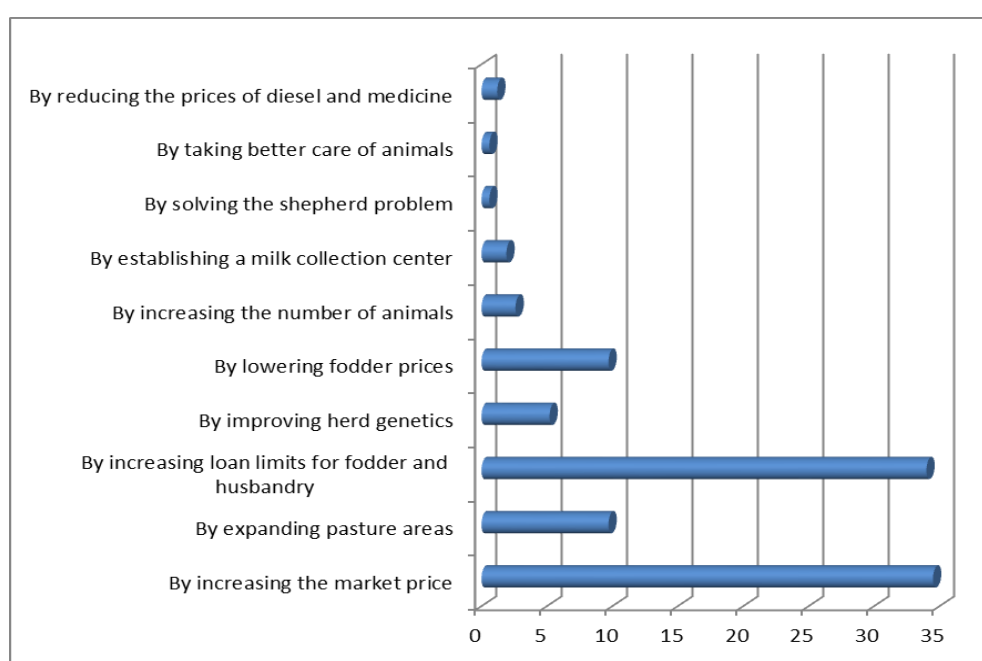


Figure 5. Solution proposals of breeders to make buffalo breeding profitable

When the breeders were asked whether they had difficulties in breeding buffaloes compared to cattle breeding, 35.7% of them had difficulty and 64.3% of them did not have difficulty ($\chi^2=12.888$, $p<0.001$). The main difficulties reported by the breeders included the following: Milking the buffaloes (21.3%), intractable and grumpy nature of buffaloes (19.7%), and buffaloes not grazing in the faraway pastures (16.4%) and not finding shepherds (Figure 6). The motherhood instinct is strong in buffaloes, and their grumpiness while milking them is actually associated with this feature. The buffaloes are influenced by their caregivers' behaviors during milking and are curious animals about their environment and are not culturally-adapted animals, which accounts for all these problems expressed by the breeders (Napolitano et al., 2013). The buffaloes have gained a special place in Turkish cultural life with their unique living spaces (Semi-aquatik), feeding, and the features of their processed products. The buffaloes have their own requests in terms of breeding, feeding and pasture conditions. It has been demonstrated by the studies that the buffaloes that are forced to compete with cattle breeding are much more economical than cattle and their milk production can be increased if they are genetically improved (Bernardes, 2007; Napolitano et al., 2013; Şahin, 2015; de Lima Carvalhal et al., 2017; Değirmencioglu, 2022). The natural characteristics of being grumpy and vicious mentioned by the breeders is explained by the fact that they do not create problems in grazing and herding, especially in the pasture or barn to the caregivers they are accustomed to, are obedient to their caregivers as long as they are cared by them or if they are not disturbed during the milking and they can be milked

(Bernardes, 2007; Napolitano et al., 2013; de la Cruz-Cruz et al., 2014). The buffaloes are educable animals. If they are trained to behave in a docile manner, they are reported to be easily accustomed to new conditions. However, the knowledge that the temperament of animals is an important element in the selection of breeding animals must be expanded among the breeders. Contrary to what many breeders believe, there is evidence that buffaloes can easily adapt to the machine milking (Yilmaz et al., 2012; Yilmaz and Karaca 2013).

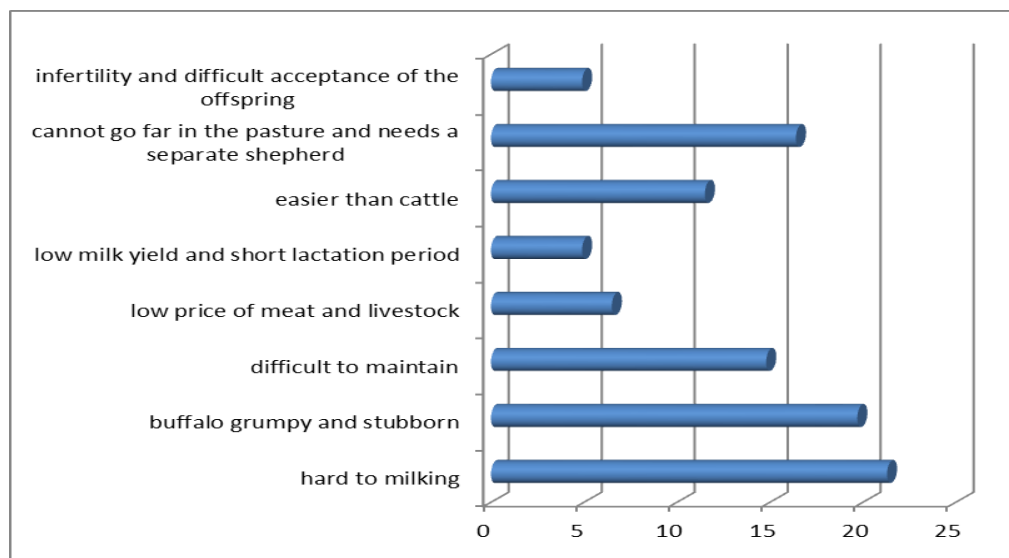


Figure 6. Comparison of cattle and buffalo breeding from the perspective of the breeder

The negative relationship between the participants' age and their social security status ($p < 0.05$) was identified as an indication that young participants did not have social security (Table 3). A significant relationship was found between the gender and social security statuses ($p < 0.05$) of the participants and their views that their business could be made profitable ($p < 0.001$). It can be argued that this relationship is due to the lack of social security and the low number of female breeders (26.2 %) in the livestocking sector. It will be beneficial to promote the employment of women who play an active role in both animal care and milking within the livestocking sector and to offer social security for them. Surprisingly, there was no relationship between social security statuses and satisfaction levels of the breeders. It was found that there was a significant relationship between the satisfaction levels of the participants' with their business and the advising buffalo breeding to their children ($p < 0.05$) and the views that their business could be made profitable ($p < 0.001$) (Table 3). As expected, there was a positive relationship between increasing profitability and breeders' increased satisfaction. Economic self-sufficiency and profitability in production constitute the main sources of satisfaction. The high level of satisfaction promotes the desire of the breeders to sustain production and increase product quality. In accordance with the findings of the study, in Akpınar et al. (2019) and Karlı et al. (2018) reported that the tendency to continue production increased greatly as long as satisfaction levels were high.

Table 3. Relationships between some parameters obtained from study data

Parametreler	Gender	Social Security Statuses	Satisfaction	Recommending to their children	Profitability
Age	-0.092	-0.199*	-0.110	-0.087	-0.075
Gender		0.225*	0.026	0.137	0.252**
Social Security Statuses			-0.030	-0.162	0.076
Satisfaction				0.206*	0.239**
Recommending to their children					0.102

p: Significance Level, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.001$.

4. Conclusions

When the age and educational status of the buffalo breeders in Sivas, Şarkışla and Suşehri districts were examined, most of them were in the middle age group and it was found that they mostly graduated from primary and high school. The advantages of buffalo breeding include high satisfaction of the buffalo breeders in Sivas province, their views that buffalo breeding is indispensable, advising buffalo breeding to their children, the use of their products in their own consumption. The positive correlation in buffalo breeding between the satisfaction levels of the breeders, their advice to their children and the profitability of buffalo breeding can be counted among other remarkable advantages that support the sustainability of breeding. The disadvantages of the buffalo breeding include low milk yield, bad temperament of these animals, difficulty in milking. The breeding problems related to low yield, bad temperament and animal behaviors can be handled by technological applications such as selecting animals with high genetic efficiency and more docile temperament as husbandry, genetic improvements and artificial insemination.

When the problems, proposed solutions and expectations of the buffalo breeders in Sivas province from the authorities are considered as a whole, developing new practices and processes is necessary in order to increase the competitiveness of buffalo breeding in rural economy. The participants reported that buffalo breeding is threatened by high fodder prices, lack of market opportunities, limited or no access to loans with governmental support and incentives. The geographical location of Sivas province, the vastness of wetlands, pastures and lakes, which are natural habitats for buffaloes, the traditional production made in the region, and the organic production and geographically registered and/or organic product potential will contribute to overcoming these difficulties. In addition to the geographical possibilities, buffalo breeding should be highlighted more than cattle breeding since it is easier and cheaper, and that buffalo milk and products create better income than cow's milk and products. In order to better integrate animal food manufacturers into the production-food chain, various cooperation forms such as supporting local markets, the consumer and manufacturer coordination, and short marketing chains should be encouraged. Connections that provide local food products between livestocking and tourism sectors should be developed. Direct sales of fresh products are an important source of income for a large number of small farmers. Ensuring an increase in economic profits in production is seen as a solution that will ensure the development of buffalo breeding. With the implementation of the Anatolian Buffalo Improvement program, which is carried out by the Ministry of Agriculture and Forestry, with the cooperation of Buffalo Breeders Association, the support and incentives for the Local Buffalo Breeding Improvement Project can increase satisfaction levels and efforts of the breeders in terms of sustainability. Review of support for buffalo breeding, and determining production and marketing problems will contribute to the introduction of a new approach to the process.

Acknowledgment

This work supported supported by The Scientific Research Project Fund of Sivas Cumhuriyet University (Project No: V-88), Türkiye.

Ethical Statement

This study was prepared under the permission numbered 180, dated 04/12/2018, from the Local Ethics Committee of Sivas Cumhuriyet University Animal Experiments.

Conflicts of Interest

The author declares no conflict interest.

Authorship Contribution Statement

The author contributed to the planning, execution and conclusion of the study.

References

- Adanacıoğlu, H. (2015). Sustainable agricultural marketing initiatives. *Turkish Journal of Food - Agriculture Sciences and Technology*, 3(7): 595-603.
- Akpınar, M. G., Gül, M., Tascioğlu, Y., Karlı, B. and Bozkurt, Y. (2019). Analysis of the relationship between the socio-demographic characteristics and satisfaction level of the buffalo farmers: a case of Turkey. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Science*, 3(1): 89-97.
- Anonymous (2015). 2015 Annual Report. T.R. Sivas Governorship, Sivas Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. <http://sivas.tarim.gov.tr/menu/21/faaliyet-raporu> (Accessed Date: 10.08.2016).
- Anonymous (2016). Animal Production Statistics. <http://sivas.tarim.gov.tr/Menu/33/Hayvansal-Uretim-Istatistikleri> (Accessed Date: 09.08.2016).
- Anonymous (2018). 2017 Annual Report. T.R. Sivas Governorship, Sivas Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. <https://sivas.tarimorman.gov.tr/Menu/21/Faaliyet-Raporu> (Accessed Date: 01.11.2018).
- Anonymous (2022). 2022 Annual Report. T.R. Sivas Governorship, Sivas Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. (Accessed Date: 12.06.2023).
- Aşkan, E. and Dağdemir, V. (2015). Analysis of the factors affecting the production rates of dairy livestock facilities benefitting from governmental financial supports and incentives: The sample of Erzurum, Erzincan, Bayburt provinces. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 21(2): 69-76.
- Atasever, S. and Erdem, H. (2008). Water buffalo raising and its future in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Ondokuz Mayıs University*, 23(1): 59-64. <https://doi.org/10.7161/anajas.2008.23.1.59-64>
- Azabağaoğlu, M. Ö. and Hurma, H. (2014). Determination of consumers' demand on water buffalo products. *Social Sciences Research Journal*, 3: 5-11.
- Bernardes, O. (2007). Buffaloes breeding in Brasil. *Italian Journal of Animal Science*, 6 (2): 162-167. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.162>
- Borghese, A. (2010). Development and Perspective of Buffalo and Buffalo Market in Europe and Near East. *9th World Buffalo Congress*, pp. 25-28, Buenos Aires.
- Borghese, A. and Mazzi, M. (2005). Buffalo Population and Strategies in The World. In, Borghese A (Ed): Buffalo Production and Research. 1st ed., pp. 1-39, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/010/ah847e/ah847e00.htm>. (Accessed Date: 26.03.2010).
- Çiçek, H. and Tandoğan, M. (2009). A review in point of production costs and profitability in organic dairy. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1): 145-151.
- Çiftçi, S. and Yılmaz, A. (2020). Views of breeders of Anatolian buffalo on buffalo feeding, the utilization of products, and marketing possibilities in Bitlis province of Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 23(1): 271-280. <https://doi.org/10.33202/comuagri.443113>
- de la Cruz-Cruz, L. A., Guerrero-Legarreta, I., Ramirez-Necoechea, R., Roldan-Santiago, P., Mora-Medina, P., Hernandez-Gonzalez, R. and Mota-Rojas, D. (2014). The behaviour and productivity of water buffalo in different breeding systems: a review. *Veterinárni medicína*, 59(4): 181-193. <https://doi.org/10.17221/7479-VETMED>
- de Lima Carvalhal, M. V., Sant'Anna, A. C., Páscoa, A. G., Jung, J. and da Costa, M. J. R. P. (2017). The relationship between water buffalo cow temperament and milk yield and quality traits. *Livestock science*, 198: 109-114.
- Değirmencioglu, T. (2022). The effects of gas changes in the shelter in the summer period on the milk yield and dry material consumption of Anatolian water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Journal of Agricultural Sciences*, 28(3):511-517. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.960280>
- Degirmencioglu, T., Unal, H. and Kuraloglu, H. (2015). Comparison of extensive or semi-intensive feeding for Anatolian water buffalo. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(9): 712-715. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.07>
- Escarcha, J. F., Lassa, J. A., Palacpac, E. P. and Zander, K. K. (2020). Livelihoods transformation and climate change adaptation: The case of smallholder water buffalo farmers in the Philippines. *Environmental Development*, 33: 100468. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.100468>
- Gürcan, E. K., Tuna, Y. T. and Soysal, M. İ. (2011). The morphometric characterization of Anatolian water buffalo according to body measurements. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 8(2): 143-152.
- Karadavut, U., Çakmak, C., Özdemir, G. and Sevinç, N. (2010). A Study on Technical and Economic Structures of Livestock Enterprises In Bingöl. *3. Bingöl Sempozyumu*, 17-19 September, pp 37-46, Bingöl, Türkiye.
- Karlı, B., Gül, M., Akpınar, M. G., Tascioğlu, Y. and Bozkurt, Y. (2018). Problems of water buffalo breeding in Turkey and suggestions for its development. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47: e20170230. <https://doi.org/10.1590/rbz4720170230>
- Ligda, C. H. and Georgoudis, A. (2005). Adaptation of buffalo production systems towards the market demand for certified quality products. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2(2): 124-126.
- Marin, D., Petroman, C., Ienovan, D., Ciolac, R., Lozici, A., Iosim, I. and Petroman, I. (2017). Research regarding the relationship between consumption and needs. *Animal Science and Biotechnologies*, 50(2): 168-171.
- Napolitano, F., Pacelli, C., Grasso, F., Braghieri A. and De Rosa, G. (2013). The behaviour and welfare of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in modern

- dairy enterprises. *Animal*, 7(10): 1704-1713. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001109>
- Naveena, B. M. and Kiran, M. (2014). Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Animal Frontiers*, 4(4): 18–24. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0029>
- Ören, M. N. and Bahadır, B. (2005). Livestock policies and policy transfers in Turkey and OECD countries. *Journal of Animal Production*, 46(1): 1-7.
- Özdamar, K. (2013). Statistical data analysis with package programmes-1. 9. Edition, Nisan Kitabevi, Ankara, Türkiye. (In Turkish)
- Özdemir, G. (2021). Production and marketing status of water buffalo breeders in Sivas province. *Fırat University Veterinary Journal of Health Sciences*, 35(3): 166-171.
- Özdemir, G. and Özdemir, A. (2016). The assessment of problems and solution suggestions towards water buffalo breeding in Bingöl Province from the perspective of breeders. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(2): 127-134. <https://doi.org/10.21597/jist.2016218859>
- Şahin, A., Ulutaş, Z. and Yıldırım, A. (2013). Buffalo husbandry in Turkey and the World. *Journal of Gaziosmanpaşa Scientific Research*, 8: 65-70.
- Şahin, G. (2015). Water buffalo (*Bubalus bubalis*) raising and evaluation of dairy products in agricultural course of Türkiye. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 31: 14-40.
- Şahinli, M. A. and Özçelik, A. (2011). *Economic analysis of agricultural farming that involves also sheep farming activities in the Konya province and the determination of prevailing factors in sheep farming activities*. (PhD Thesis) Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Türkiye.
- Saner, G., Engindeniz, S., Adanacıoğlu, H., Güler, D. and Şengül, Z. (2022). An analysis of economical aspect of water buffalo farming: A case study of Balıkesir province. *The Journal of Animal Production*, 63(1): 35-45 <https://doi.org/10.29185/hayuretim.978601>
- Sarıözkan, S. (2011). The importance of water buffalo breeding in Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1): 163-166. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2010.2446>
- Şeker, İ., Tasalı, H. and Güler, H. (2012). The structural features of cattle farms in Muş province. *Fırat University Veterinary Journal of Health Sciences*, 26(1): 09-16.
- Soysal, I. and Kok, S. (2004). Buffalo Breeding in Turkey. *Proceeding of the Seventh World Buffalo Congress*, 20-23 October, pp 547-548, Manila, Philippines.
- Soysal, M. İ. (2014). Anatolian Water Buffalo Husbandry in Turkey. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*, September, pp 147-155, Belgrade-Zemun.
- Soysal, M. İ., Tuna, Y. T., Gürçan, E. K. (2005). An investigation on the water buffalo breeding in Danamandıra village of Silivri district of Istanbul province of Turkey. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 2(1):73-78.
- TÜİK (2022). Turkish Statistical Institute, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Haziran-2022-45594> (Accessed Date: 12.09.2022)
- Yılmaz, O., Ertugrul, M. and Wilson, R. T. (2012). Domestic livestock resources of Turkey Water buffalo. *Tropical Animal Health and Production*, 44: 707-714 <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9957-3>
- Yılmaz, S. and Karaca, O. (2013). *Water buffalo breeding in Afyonkarahisar province; sample of Küçükçobanlı village*. (MSc. Thesis) Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Animal Science, Aydın, Türkiye.

Tarım Arabası İmalat Sürecinin ve Bazı Ortam Koşullarının Bir İşletme Örneğinde İncelenmesi*


Investigation of Trailer Manufacturing Process and Some Environmental Conditions in a Case Workplace


Damla ATEŞ¹, Anıl ÇAY^{2*}

Öz

Gün geçtikçe tarım arabası ve traktör parkında yer alan ünite adedi giderek artmaktadır. Bu araçların imalat süreçlerinde kullanılan tezgâhlar, aletler ve makineler gelişen teknolojiler ile paralel olarak üretim sürecini nitelik ve nicelik bakımından hızlandırmaktadır. Ancak bu teknoloji yoğun üretim süreçleri, çalışanların sağlığı ve iş güvenliği bakımından zafiyetler oluşturabilmektedir. Bu çalışmada, tarım arabası imalat sürecinin ve bazı ortam koşullarının bir işletme örneğinde incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Çanakkale ilinde tarım arabası üretiminde seçilen örnek bir işletmede kullanılan makineler ve tezgâhlar ile yapılan imalat süreci incelenmiş ve bu makineler ve tezgâhların çalışması esnasındaki gürültü ve aydınlatma düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen gürültü ve aydınlatma değerlerinin çalışanlar üzerinde etkilerinin azaltılabilmesi için değerlendirmeler yapılmıştır. Makineler için elde edilen gürültü ölçüm sonuçları incelendiğinde, L_{Aeq} (eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi) değerleri 61.74–93.33 dB(A) aralığında, L_{max} (tepe ses basınç düzeyi) değerleri 79.53–94.3 dB(A) aralığında ve L_{EX} (günlük kişisel maruziyet seviyesi) değerleri, 47,38–80,02 dB(A) aralığında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar ve gürültü yönetmeliği dikkate alınarak, gürültünün çalışan işçiler üzerindeki etkileri ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur. Öneriler, gürültünün çalışanlar üzerinde fiziksel, fizyolojik ve psikolojik etkileri dikkate alınarak belirlenmiştir. İşletmenin aydınlatma ölçümlerine ait sonuçlar incelendiğinde en yüksek aydınlatma değerinin öğleden önce ölçüm 1’de 951 lüks ile pres makinesinde ve öğleden sonra ölçüm 2’de 1082 lüks ile pres makinesinde olduğu belirlenmiştir. En düşük aydınlatma değeri ise ölçüm 1’de öğleden önce 107 lüks ile gazaltı kaynak makinesi ve ölçüm 2’de öğleden sonra 54.4 lüks ile torna tezgahında olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bulunan bilgiler ışığında aydınlatma ölçüm değerlendirme, armatür seçimi, aydınlatma hesaplama ve aydınlatma koşulları için de öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tarım arabası, Aydınlatma, Gürültü, Maruziyet seviyesi, İmalat tezgâhları

¹Damla Ateş, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye. E-mail: damlates19@gmail.com  OrcID: 0000-0002-1183-046X

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Anıl Çay, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Çanakkale, Türkiye. E-mail: anilcay@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2570-8051
Atıf: Ateş, D., Çay, A. (2024). Tarım arabası imalat sürecinin ve bazı ortam koşullarının bir işletme örneğinde incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 457-467.

Citation: Ateş, D., Çay, A. (2024). Investigation of Trailer Manufacturing Process and Some Environmental Conditions in a Case Workplace. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 457-467.

*Bu çalışma Damla Ateş’in Doç. Dr. Anıl Çay danışmanlığında yürütmüş olduğu Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

The number of units in the agricultural trailer and tractor park is increasing day by day. The benches, tools and machines used in the manufacturing processes of these units accelerate the production process in terms of quality and quantity in parallel with the developing technologies. However, this intensive production processes can create vulnerabilities in terms of employee health and work safety. In this study, it is aimed to examine and evaluate the agricultural trailer manufacturing process and some environmental conditions in a case workplace. In accordance with this purpose, benches and machines used in agricultural trailer production at Çanakkale were investigated. Noise and lighting levels during the operation of these machines and benches were determined in a sample workplace. In addition, evaluations were made in order to reduce the effects of the obtained noise and lighting on the employees. When the noise measurement results obtained for machines L_{Aeq} (the level of sound pressure) values were in the range of 61.74–93.33 dB(A), L_{max} (the level of measured sound pressure) values were in the range of 79.53–94.3 dB(A), and L_{EX} (exposure level) values were in the range of 47.38–80.02 dB(A). Considering the results of the study and the noise regulation, suggestions were made to reduce the effects of noise on workers. Suggestions were presented to protect them from these physical, physiological and psychological effects and to increase their working efficiency. When the measurement data results for the machines were analyzed, it was specified that the maximal illumination value which was found in the hydraulic press machine with 951 lux at Measurement 1 before noon and 1082 lux at Measurement 2 in the afternoon. It was specified that the minimal value illumination was the gas welding machine with 107 lux at Measurement 1 before noon and the lathe with 54.4 lux at Measurement 2 in the afternoon. Based on the information determined within the scope of the study, suggestions were also presented for lighting, luminaire selection, lighting calculation and lighting conditions.

Keywords: Agricultural trailer, Lighting, Noise, Exposure level, Machine tools

1. Giriş

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri süre gelen tarım, gerek önemli bir geçim kaynağı olması, gerek endüstri sektörüne hammadde sağlaması nedeniyle insanlık için çok büyük önem taşımaktadır (Yıldız, 2017). Aynı zamanda, iklim ve toprak şartlarına bağlılığı sebebiyle tarım, tehlike ve değişkenliklerin olduğu bir sektördür. Toprağın işlenmeye başladığı ilk kademedan ürünlerin işlenip tüketime sunulduğu son kademeye kadar tarımsal üretim güç ve karmaşık bir süreç olmuştur. Tarımsal mekanizasyon araçları ile bu zorlu ve karmaşık süreç kolaylaştırılmaya ve daha verimli hale getirilmeye çalışılmaktadır (Yıldız, 2017). Çalışmanın zamanında gerçekleştirilmesi için iyi bir tarımsal mekanizasyon uygulamasıyla toprağı hazırlama (toprak işleme), ekim, dikim, bakım, sulama, gübreleme hasat, nakliye vb. çeşitli tarımsal işlemlerin daha modern bir şekilde yapılması sağlanmakta, birim alandan elde edilen ürün önemli ölçüde artırabilmektedir (Özbiçli, 2019).

Dünyada olduğu gibi ülkemiz tarımında da enerji gereksinimi ve tüketimi sürekli artmaktadır (Anonymous, 2022). Bu durum enerjiyi verimli kullanmayı zorunlu hale getirmektedir. Enerji etkinliğini ve çevre boyutunu ölçmek enerji girdi ve çıktı analizleri ile yapılmaktadır. Böylelikle enerjinin ne boyutta etkin kullanılıp kullanılmadığı tespit edilebilecektir. Böylelikle gerek enerjinin gereğinden çok tüketilmesi engellenerek israfın önüne geçilecek gerekse fazla enerji tüketimi (aydınlatma, gürültü, yakıt vb.) ile enerji kaybının önüne geçilebilecektir (Göktoğra ve ark., 2006). Tarımsal mekanizasyon uygulamalarıyla tarımsal üretim faaliyetlerinde insan ve hayvan iş gücünün yerini alet ve makineler olarak verimliliği yükseltmekte, çalışmaların rahat, seri ve zamanında yapılabilmesi sağlanabilmekte ve çok zor olan tarımsal faaliyetler basit bir hale gelmektedir (Karabulut, 2022). Gün geçtikçe tarım arabası (römork) ve traktör parkında yer alan ünite adedi giderek artmaktadır. Bu araçların imalat süreçlerinde kullanılan tezgâhlar, aletler ve makineler gelişen teknolojiler ile paralel olarak üretim sürecini nitelik ve nicelik bakımından hızlandırmaktadır. Ancak bu teknoloji yoğun üretim süreçleri, çalışanların sağlığı ve iş güvenliği bakımından zafiyetler oluşturabilmektedir. Öncelikle her alanda olduğu gibi tarım makinaları imalatı esnasında da çalışma koşulları, aydınlatma ve gürültü seviyesindeki mevcut durumun ortaya konması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, tarım arabası imalat sürecinin ve bazı ortam koşullarının bir işletme örneğinde incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Çanakkale’de tarım arabası imalatı yapan işletmeler arasından seçilmiş olan Üçel 17 Tarım Makineleri Ltd. Şti. de üretim sürecinin; tezgâh yükleri, aydınlatma, gürültü düzeyi ve işlem süreleri açısından irdelenmesi yapılmıştır. İşletmede üretim sürecinin analizi yapılırken üretilen tarım arabalarının tanımı, teknik özellikleri, hammadde girişinden imalat boyunca yapılan işlem süreçleri ve çeşitleri, ortam gürültü ölçümü, ortam aydınlatma ölçümü kullanılan tezgâhların işlem silsileleri irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma Çanakkale İlinde tarım arabası imalatı yapan önde gelen firmalardan Üçel 17 Tarım Makineleri Ltd. Şti. materyal olarak seçilmiştir. Firmanın ürün yelpazesinde bulunan ve en yoğun talep olarak ürettiği tek ve çift dingilli tarım arabaları imalat süreçleri irdelenmiştir (*Şekil 1*). Üretimde kullanılan makine ve tezgâhların bulunduğu ortamda makine operatörünün çalışma alanındaki aydınlatma koşulları, gürültü maruziyet düzeyleri, işletmede konumlu tezgâh ve makinelerin gün içerisindeki kullanım süreleri dikkate alınarak incelenmiştir. Söz konusu ölçümler 2022 yılı Ocak ve Ekim ayları içerisinde değişik zaman dilimlerinde ilgili standartlarda belirtildiği şekilde farklı makineler ve tezgâhlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Firmada bulunan makinalar ve tezgâhların marka ve modelleri *Tablo 1*’de verilmiştir.

Firma bünyesinde 15 adet floresan özellikli ışık bulunmaktadır. Aydınlatma ölçümleri için TES–1332A marka lüksmetre ve işletmede bulunan tüm floresan lambalar açık olduğu zaman ölçümler yapılmıştır. Aydınlatma ölçümleri öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere, her biri üç dakikalık üçer ölçüm şeklinde yapılmıştır (*Şekil 2*).

Firmada bulunan makinelerin ve tezgâhların, ortam gürültü ölçümleri için Uluslararası değerlendirmeye sahip TS EN ISO 9612:2009 standardında belirtilen IEC 61672–1:2002’ye uygun, çalışma aralığı 0° ile +40°C olan Testo 816–1 gürültü seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Standart, çalışanların çalışma ortamında maruz kaldıkları gürültünün ölçümünde ve gürültü maruziyet seviyesinin hesaplanmasında kullanılan mühendislik yöntemini kullanılmaktadır. Alınan ölçümler, mikrofon gürültü kaynağı yönünde yerleştirilmiş şekilde ve üç tekerrürlü ve her tekerrür için 5’er dakika (A) ağırlıklı ses basınç düzeyi dB(A) ve ölçüm aralığı 30–130 dB(A) olacak şekilde

gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmadaki, ölçüm stratejisini belirlemek için, çalışma öncesinde gürültü maruziyetine katkı da bulunacağı düşünülen bütün etkenler (iş, üretim, süreç, organizasyon, çalışanlar ve faaliyetler) incelenmiştir. İncelenen L_{Aeq} (eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi) Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Özkul Coşkun ve Sümer, 2022). Ölçümler sonucu günlük gürültü maruziyet seviyeleri, ayrı ayrı bütün tezgâh ve makineler için hesaplanmış ve değerlendirmelerde, operatörlerin günlük gürültü maruziyet seviyeleri incelenmiştir. Günlük gürültü maruziyet seviyeleri Eşitlik (2) ile hesaplanmıştır (Özkul Coşkun ve Sümer, 2022).



Figure 1. Agricultural trailers and liquid tankers manufactured by Üçel 17 Ltd (a: 2.5 tons agricultural car b: 3.5 tons agricultural trailer c: 5 tons agricultural trailer ç: 12 tons agricultural trailer d: 18 tons agricultural trailer e: 24 ton agricultural trailer, f: 3 ton water tanker g: 5 ton fire extinguishing tanker)

Şekil 1. Üçel 17 Ltd. Şti. bünyesinde üretimi yapılan tarım arabaları ve tankerler (a: 2.5 ton'luk tarım arabası b: 3.5 tonluk tarım arabası c: 5 ton'luk tarım arabası ç: 12 ton'luk tarım arabası d: 18 ton'luk tarım arabası e: 24 ton'luk tarım arabası f: 3 ton'luk su tankeri g: 5 ton'luk yangın söndürme tankeri)

Tablo 1. İmalat amacıyla satın alınan malzeme, hammadde ve çeşitli elemanlar

Table 1. Materials, raw materials and various elements purchased for manufacturing purposes

Makine	Marka	Model
Torna tezgâhı	Tezsan	SN50C-1988
Sütunlu matkap	Sevindik	1990
Testere makinesi	İmak	Açılı-1995
Pres makinesi	Hürsan	500 tonluk-2002
Taşlama makinesi	Makita-AEG	2020-2021
Mengene	İzeltaş	MMS200-2016
Gazaltı kaynak makinesi	Oerlikon-geka	2016-400/2019-400/2020-250+plus

$$L_{p,AeqT,m} = 10 \log \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1xL_{p,AeqT,mi}} \right] \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte;

$L_{p,AeqT,mi}$: Tm süreli görev boyunca A-ağırlıklı eş değer sürekli ses basınç düzeyi, dB(A)

İ : m görev örneğinin numarası

I : m görev örneklerinin toplam sayısı

m : Görev numarası

$$L_{EX,8h,m} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1xL_{p,AeqT,m}} \right] \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlikte;

$L_{EX,sh}$: Günlük gürültü maruziyet seviyesi, dB(A)

M : Günlük gürültü maruziyet seviyesine katkıda bulunan toplam görevlerin sayısı



Figure 2. Places where lighting measurements are made within the company (a: Lathe bench b: Press machine c: Gas metal arc welding ç: Vice d: Column drill e: Saw cutting f: Administrative office)

Şekil 2. Firma bünyesindeki aydınlatma ölçümü yapılan yerler (a:Torna tezgâhı b:Pres makinesi c: Gazaltı kaynak ç:Mengene d:Sütunlu matkap e:Testere kesim f:İdari ofis)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Aydınlatma Ölçümlerine Ait Sonuçlar

İşletmede bulunan her bir tezgâh ve idari ofis için aydınlatma ölçümleri Tablo 2’de gösterilmiştir. En yüksek aydınlatma değerinin öğleden önce ölçüm 1’de 951 lüks ile pres makinesinde ve öğleden sonra ölçüm 2’de 1082 lüks ile pres makinesinde olduğu belirlenmiştir. Aydınlatma değeri en düşük öğleden önce ölçüm 1’de 107 lüks ile gazaltı kaynak makinesi ve öğleden sonra ölçüm 2’de 54.4 lüks ile torna tezgâhı olduğu belirlenmiştir. Pres makinesinin aydınlatma ölçümü en yüksek değerde olmasının sebebi işletmenin girişinde açık alanda ve açık alana en yakın yerlerde konumlandırılmış olması, yüksek aydınlatma verilerinin oluşmasında önemli bir faktördür.

Tablo 2. İşletmede ölçülen aydınlatma değerleri*

Table 2. Lighting values measured in operation

Ölçülen yerler	Öğleden önce			Öğleden sonra		
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
Torna tezgâhı	151	177	174	160.9	54.4	104.4
Sütunlu matkap	413	352	332	164.1	170.3	222.0
Gazaltı kaynak	107	137	124	164.1	170.3	137.0
Mengene	278	197	227	268.0	181.0	273.0
Testere kesim	276	152	176	290.0	248.0	170.0
Pres makinesi	951	563	774	685.0	1082	590.0
İdari ofis	208	178	165	179.7	139.8	146.5

*: Değerler lüks olarak verilmiştir

Öğleden önce ölçüm 1 ortalama değeri 340.6 lüks, ölçüm 2 ortalama değeri 250.9 lüks, ölçüm 3 ortalama değeri 281.7 lüks olarak hesaplanmıştır. Öğleden sonra ölçüm 1 ortalama değeri 273.1 lüks, ölçüm 2 ortalama değeri 292.3 lüks, ölçüm 3 ortalama değeri 234.7 lüks olarak belirlenmiştir. Öğleden önce genel aydınlatma ortalama değeri 291 lüks ve öğleden sonra ortalama değeri 266.7 lüks olarak saptanmıştır. Tezgâh ve makineler bazında ayrı ayrı yapılan aydınlatma ölçümlerine ait sonuçlar Şekil 3’te gösterilmiştir.

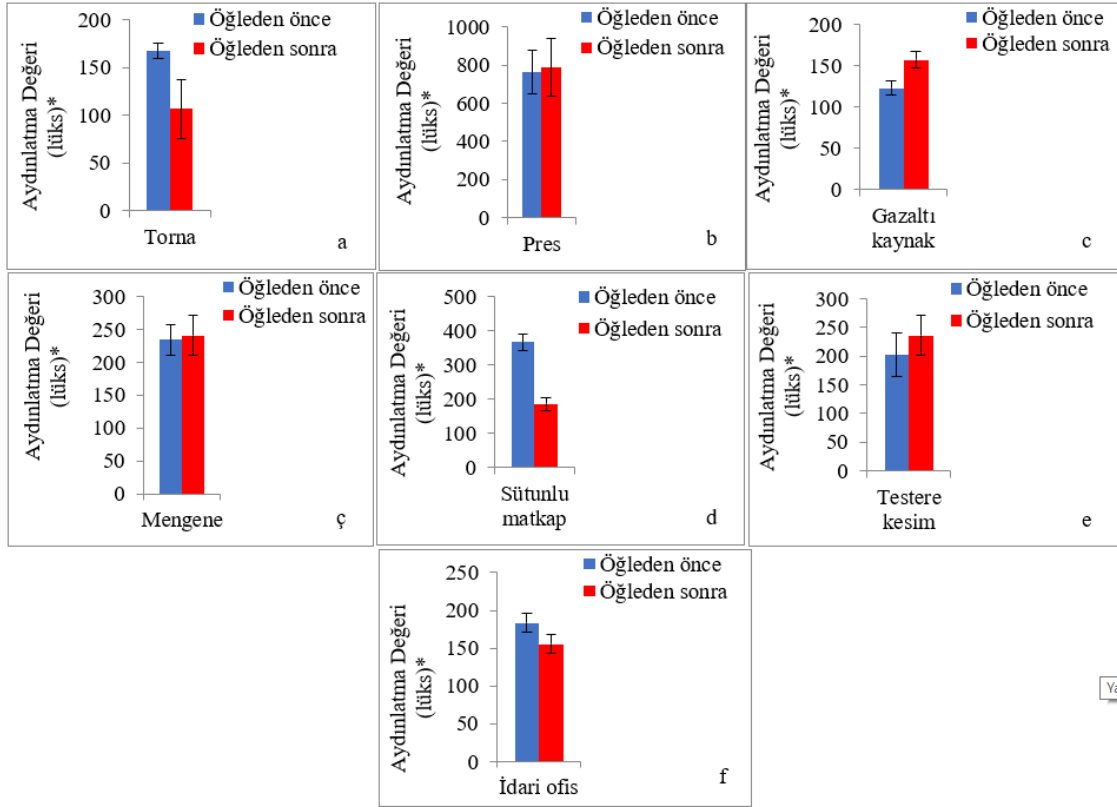


Figure 3. Average results for before noon and afternoon (a:Turn b:Hydrolic press c:Gas welding d:Vice d:Pillar drill e:Saw cut f:Administrative office)

Şekil 3. Öğleden önce ve öğleden sonra için ortalama sonuçları (a:Torna b:Pres makinesi c:Gazaltı kaynak ç:Mengene d:Sütunlu matkap e:Testere kesim f:İdari ofis)

Torna tezgâhı incelendiğinde öğleden önce ortalaması 167.33 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 106.56 lüks olduğu bulunmuştur. Hidrolik pres incelendiğinde öğleden önce ortalaması 762.66 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 785.66 lüks olduğu bulunmuştur. Gazaltı kaynak incelendiğinde öğleden önce ortalaması 122.66 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 157.13 lüks olduğu bulunmuştur. Mengene tezgâhı incelendiğinde öğleden önce ortalaması 234 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 240.66 lüks olduğu bulunmuştur. Sütunlu matkap tezgâhı için öğleden önce ortalaması 365.66 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 185.46 lüks olduğu bulunmuştur. Testere kesim tezgâhı incelendiğinde ise öğleden önce ortalaması 201.33 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 236 lüks olduğu bulunmuştur. İdari ofis için yapılan öğleden önce ortalaması 183.66 lüks olan aydınlatma değerinin öğleden sonra yapılan ölçümler ortalamasında 155.33 lüks olduğu bulunmuştur. Ölçülen değerlerin “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” EK-1 22 inci maddesi gereğince TS EN 12464- 1: 2013; TS EN 12464-1.2011: 201 standardı minimum aydınlık düzeyi değerleri ile kıyaslanmıştır. Torna tezgâhı, sütunlu matkap, gazaltı kaynak, mengene, testere kesim ve idari ofis öğleden önce ve öğleden sonra ortalama değerleri 300 lüks altında olduğu belirlenmiştir. Nitelikli bir aydınlatma için hem yeterli seviyede aydınlatma şiddeti hem de uygun aydınlatma sistemi gerekli şartlardandır. Örneğin, akkor telli lamba türünün ışınları titreşime sebep olmayacağı için floresan lambalara oranla akkor telli lamba kullanımı göz yorgunluğu yaşanmasına yol açmaz. Yapılan çalışmalarda, beyaz ışığın en iyi ışık olduğunu belirtmiş; gün ışığı yeterli seviyede olmadığı veya gece çalışmalarında bu ışığa benzer ışıkların kullanılması gerekliliğini bildirmişlerdir (Sandıkcı, 2020).

Bayraktar (2016) yaptığı çalışma sonucunda, aydınlatmanın tüm işyerlerini etkileyen bir etken olmasına rağmen incelediği işletmeler için yeterli aydınlatmanın doğru şekilde sağlanmadığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, işyerlerinde aydınlatma yetersizliğinin önemli bir sorun olduğunu ve dolayısıyla uygun aydınlatma koşullarının

standarda göre değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ancak günümüzde hem kişilerin şahsi taleplerine cevap vermek hem de olağan ve olağan dışı durumlarda ortaya çıkan sorunları çözebilmek gayesi ile doğru seçilen bir aydınlatma gereksiniminden çok kaçınılmaz bir hal almıştır. Doğru seçilen bir aydınlatmanın sağladığı yararlar ise;

- Ekonomik potansiyel artmış olur
- İş verimi artar
- Gözün görme kabiliyeti artar
- Göz sağlığı korunmuş olur
- Tehlike ve kazalar azalır
- Güvenlik sağlanır
- Yaşam konforu arttırır şeklinde sıralamıştır (Onur, 2012).

Çalışmada elde edilen veriler ışığında benzer işletmelerin dizaynı ve modernizasyonu yapılırken gün ışığından daha fazla yararlanılması gerektiği belirtilmekte iken, her zaman gün ışığının yeterli olamayacağı ve çalışırken parlamalar yapabileceği ve bunun dikkatsizlik yaptığı, aynı zamanda yapay aydınlatmanın aksine bazen gölgeleme ve yansımalarla neden olabileceğinin unutulmaması gerektiği vurgulanmaktadır (Katunsky ve ark., 2017). Dolayısıyla gün ışığının hem olumlu hem de olumsuz etkileri olduğu açıktır. Bu yüzden iş güvenliği açısından tehlikeli imalat tezgahlarına sahip işletmelerde sağlıklı aydınlatmanın sağlanması ancak entegre aydınlatma teknikleri ve değişken akıllı aydınlatmalarla sağlanabilecektir (Perez ve ark., 1993).

3.2. Gürültü Ölçümlerine Ait Sonuçlar

Çalışma kapsamında elde edilen gürültü ölçümüne dair sonuçlar *Tablo 3*'te sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde L_{Aeq} (ses basınç düzeyi) değerleri 61.74–93.33 dB(A) arasında değişmiştir. L_{Aeq} (ses basınç düzeyi) sonuçları torna tezgâhı 84.04 dB(A), sütunlu matkap 67.36 dB(A), gazaltı kaynak 76.77 dB(A), mengene 61.74 dB(A), testere kesim 71.83 dB(A), hidrolik pres 90.30 dB(A) ve taşlama makinesi 93.33 dB(A) bulunmuştur. En düşük L_{Aeq} (ses basınç düzeyi) 61.74 dB(A) mengene, en yüksek L_{Aeq} (ses basınç düzeyi) 93.33 dB(A) ile taşlama makinesinde tespit edilmiştir.

İşletme tek vardiyalı olarak çalışmaktadır. Gürültü seviyelerinin hesaplanmasında yemek arası bir saat ve aralarda toplam yarım saat mola olduğu belirtilmiş olup bu değerler dikkate alınmıştır. Çalışanlar yemeklerini iş yerine çok yakın bir yemek işletmesinde yemektedir ve bu süre zarfında da ortam gürültü koşullarına maruz kalmaktadır. Fakat kişisel ihtiyaç ve başka gereksinimler için fabrika, makine ve tezgâh çevresi harici farklı ortamlarda da bulunmaktadır. Bu ortamlarda ölçülen günlük maruziyet seviyesi yemek arası 39.94 dB(A) ve mola 44.51 dB(A) olarak bulunmuştur. Çalışan işçiler günlük bir buçuk saat diliminde bu alanlarda vakit geçirmektedirler. Etkin çalışma ortamı ile karşılaştırıldığında bir hayli düşük ses basınç düzeyinin bulunduğu bu alanlarda, bir buçuk saat gibi kısıtlı bir sürede bulunmaları dahi, kişisel günlük maruziyet seviyesinin ehemmiyet derecesinde azalması sağlanmıştır.

Tablo 3. İşletmede bulunan tezgâh ve makineler için elde edilen ölçüm veri sonuçları

Table 3. Measurement data results obtained for benches and machines in the enterprise

Makine	L_{Aeq} dB(A)	L_{max} dB(A)	L_{EX} dB(A)
Torna tezgâhı	84.04	89.40	71.49
Mengene	61.74	85.80	47.38
Testere kesim	71.83	85.23	59.28
Gazaltı kaynak	76.77	87.73	74.21
Sütunlu matkap	67.36	79.53	54.81
Taşlama	93.33	94.30	80.02
Pres	90.30	92.83	74.73

Tüm tezgâh ve makineler için belirlenen L_{max} (ölçülen ses basınç düzeyi) değerleri 79.53–94.3 dB(A) arasında değişmiştir. L_{max} (ses basınç düzeyi) sonuçları torna tezgâhı 89.40 dB(A), sütunlu matkap 79.53 dB(A), gazaltı kaynak 87.73 dB(A), mengene 85.80 dB(A), testere kesim 85.23 dB(A), hidrolik pres 92.83 dB(A) ve taşlama makinesi 94.30 dB(A) bulunmuştur. En düşük L_{max} (ölçülen ses basınç düzeyi) 79.53 dB(A) sütunlu matkap, en yüksek L_{max} (ölçülen ses basınç düzeyi) 94.30 dB(A) ile taşlama makinesinde tespit edilmiştir. Tüm tezgâh ve makineler için belirlenen L_{EX} (maruziyet seviyesi) ölçümleri, 47,38–80,02 dB(A) aralığındadır. L_{EX} (ses basınç düzeyi) sonuçları incelendiğinde, torna tezgâhı 71.49 dB(A), sütunlu matkap 54.81 dB(A), gazaltı kaynak 74.21 dB(A), mengene 47.38 dB(A), testere kesim 59.28 dB(A), hidrolik pres 74.73 dB(A) ve taşlama makinesi 80.02 dB(A) bulunmuştur. En düşük L_{EX} (maruziyet seviyesi) 47.38 dB(A) mengene, en yüksek L_{EX} (maruziyet seviyesi) 80.02 dB(A) ile taşlama makinesinde tespit edilmiştir. Makineler ve tezgâhlara ait günlük gürültü maruziyet seviyeleri ve eşdeğer ses basınç düzeyi değerleri incelendiğinde, mengene diğer makine ve tezgâhlara kıyasla daha düşük değerde olduğu görülmektedir.

Günlük çalışma süresi incelendiğinde; tüm makinelerin bir günlük çalışma süresi toplam 7.5 saattir. Torna tezgâhı için 0.5, mengene 0.33, testere kesim makinası için 0.5, gazaltı kaynak 5, sütunlu matkap 0.5, taşlama makinesi 0.42 ve pres makinası için 0.25 saat olduğu saptanmıştır. Makinaların çalışma saatlerinin toplam çalışma saatine yüzdesel oranı Şekil 4'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde; en fazla gazaltı kaynak makinesinde %66.6, en az ise pres makinesinde %3.3 çalışma süresi olduğu görülmüştür.

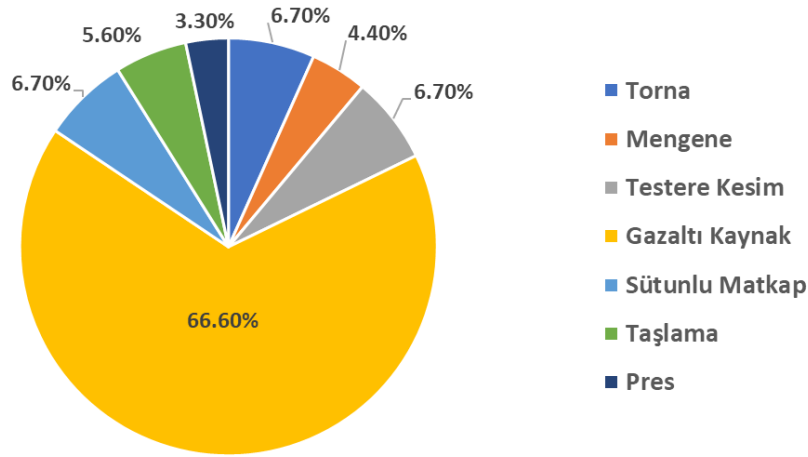


Figure 4. Average daily time occupancy of production benches and machines

Şekil 4. Tezgâh ve makinelerin ortalama günlük zaman işgal durumları

L_{Aeq} (ses basınç düzeyi) ortalama değeri 77 dB(A), L_{max} (ölçülen ses basınç düzeyi) ortalama değeri 87.8 dB(A) ve L_{EX} (maruziyet seviyesi) 65.9 olarak hesaplanmıştır.

İşletmede bulunan makineler ve tezgâhların, ortam gürültü ölçümü TS EN ISO 9612:2009 akustik çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenebilmesi mühendislik yöntemi standardına göre;

- En düşük eylem maruz kalma değerleri: 80 dB(A) ve 135 dB(C)
- En yüksek eylem maruz kalma değerleri: 85 dB(A) ve 137 dB(C)
- Maruz kalınan sınır değerleri: 87 dB(A) ve 140 dB(C)'dir

En yüksek eylem maruz kalma değeri 85 dB(A)'ya değerlendirme değerinde yapılan kıyaslamaya göre maruz kalınan gürültü değerleri düşük ve yüksek olacak bir şekilde incelenmiştir. Dozimetre ile yapılan kişisel gürültü maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre, makinelere ve tezgâhların sınır değerleri sağladığı değerlendirilmiştir.

Ateş ve Alagöz (2018), Balıkesir sanayi bölgesinde bulunan tarım makineleri üretimi yapan bir fabrikada çalışanlar üzerindeki gürültünün etkilerini araştırmışlardır. Fabrikada iki tür ölçüm (aktif çalışma saatleri ve çalışma saatleri dışı) yapılmıştır. Yapılan sesli ve sessiz ölçüm değerleri incelendiğinde sessiz halde alınan ölçümlerden, en düşük değerin 38.4 dB(A) yemekhane olarak da kullanılan takımhanede, en yüksek değerin 54.4

dB(A) ise süt sağım ve sac imalatı arasında kalan ana girişte ölçüldüğü belirtilmiştir. Sesli ölçüm yapılan atölyelerde, en az değer 61.8 dB(A) takımhanede, en büyük değer ise 86.1 dB(A) ile montaj alanında ölçüm yapıldığı belirtilmiştir. Yönetmelikler ve literatür araştırmaları neticesinde işyerleri için tehlikeli olması nedeni ile onaylanan 85 dB(A) gürültü seviyesi için oluşturacağı olası sonuçları azaltıcı önlemler ve öneriler sunulmuştur. Yine benzer olarak Yağmur (2016)'da un fabrikalarında çalışan işçilerin bulunduğu alanlarda günlük gürültü maruziyet verilerinin yasal mevzuatta yer alan maruziyet sınır değerinin üzerinde olduğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında maruziyet değerlerinin çalışan işçilerde oluşturacağı olası tesirleri azaltıcı önlemler ve öneriler sunulmuştur. Gürültü seviyesinin makul seviyelerde tutulması önem arz etmekle beraber bazı çalışmalarda 50-60 dB(A) seviyelerinde uzun süre maruz kalmanın çalışma performansının olumsuz etkilendiği de göz ardı edilmemelidir (Kroemer and Grandjean, 1997). Ortamındaki gürültü seviyesini azaltmak için güncel standartları sağlayan koruyucu kulaklık ve özel başlıkların ses seviyesinde önemli düşüşler sağlayabildiğini belirten bir çalışmada (Ling ve ark., 2021); gürültünün zararlı etkilerinin maruz kalınan süreye, sıklığına ve zaman içerisindeki değişimine ve yaşa göre farklı etkiler gösterebildiği belirtilmektedir. Aynı çalışmada standartların üstünde maruz kalınan gürültünün maruz kalınan kişinin mental sağlığına ve hatta sinir sistemine de zarar verebileceği belirtilmektedir. Ancak dünya genelinde yapılan çalışma sonuçlarında örneği Polonya için; makine imalat sektörü çalışanlarının neredeyse %40'lık kısmının 85 dB(A) seviyesinin üzerinde gürültüye maruz kaldığı ve PN-EN-ISO 11200 standardında belirtilen denetimlerin ilgili mekanizmalar tarafından daha sıklıkla kontroller yapmalarını gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bu durum bulgulardaki sınır altı maruziyet değerlerinin her işletme de bu çalışmada olduğu gibi olamayacağını göstermektedir (Jozvik ve ark., 2017).

4. Sonuç

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, incelenen işletmede elde edilen aydınlatma değerleri "*İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik*" EK-1 22 nci maddesi gereğince TS EN 12464- 1: 2013; TS EN 12464-1.2011: 201 standardı minimum aydınlık düzeyi verileri ile kıyaslanmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda ölçülen değerler ilgili standartlarda belirtilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. İşletme bünyesinde mevcut kurulu bulunan floresan lambalar yerine akkor telli lamba kullanılması aydınlatma açısından daha verimli sonuçlar verebilecektir. Çünkü bu lamba türünün ışınları titreşime neden olmaz. Oysa ki titreşime sahip aydınlatma araçlarının kullanımında insan gözü titreşimin neden olduğu hızlı değişimleri algılayabilmek için daha çok yorulur. Dolayısı ile akkor telli lamba floresan lambaya oranla gözü daha fazla yormamaktadır. Standartlar neticesinde Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun yayınları ve İş güvenliği mevzuatı da dikkate alınarak çözümün elde edilebileceği uygun aydınlatma kriterleri belirlenmelidir.

Firma bünyesinde bulunan makineler ile yapılan çalışmalara ilişkin sonuçlar incelendiğinde, günlük 7.30 saat ile en düşük maruziyet değerinin 47.38 dB(A) ve en yüksek maruziyet değerinin 80.02 dB(A) olduğu belirlenmiştir. İşletme kapsamında elde edilen ölçüm sonuçlarının, TS EN ISO 9612:2009'da bildirilen akustik çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenen ortam gürültü ölçümü sınırlarına uyduğu görülmektedir. Ayrıca, işletme bünyesinde, 4857 sayılı iş kanununda belirtilen "günlük en fazla 11,5 saat mesai yapılabilir" maddesine uyulduğu da görülmüştür. Dolayısıyla gürültüye maruz kalma sürelerinin de ilgili çalışma standartlarında maruz kalınan gürültü düzeyinin uygun belirtilen aralıkta kalınmasına katkı sağladığını da söylemek mümkündür. Benzer bir çalışmada, çay üretimi yapılan bir fabrikada yapılan ölçümlerde günlük kişisel gürültü maruziyet düzeyinin 73.55 dB(A) olduğu bildirilmiş ve çalışmada belirlenen ortam gürültüsünün standartlar içerisinde kaldığını bildirmiştir. Ancak aynı çalışmada gürültü maruziyetinin belirlenmesinin insan sağlığı açısından sürekli izlenmesi gerektiği de söylenmektedir (Çiçek and Sümer, 2021). Kapalı alanlarda kullanılan tarım makinelerinin gürültü ölçümlerinin yapılarak, gürültü düzeylerinin eş düzey eğriler ve renklendirme haritaları kullanılarak yoğun gürültü olan bölgelerin saptanması da büyük önem arz etmektedir (Özguven, 2012). Ek olarak mekanik sistemlere alternatif olan ve daha az gürültü sağlayan hidrolik sistemlerin tercih edilmesi de ortam gürültüsünün kontrolünde yardımcı olabilecektir (Mert ve ark., 2021). Çalışanların günlük faaliyetleri içerisinde verilen mola ve yemek aralarının süreleri ile koşulları L_{EX} değerleri üzerinde etkili olmaktadır. Tablo 3'de görüldüğü gibi taşlama makinesi L_{Aeq} değeri 93.33 dB(A) ve pres makinesi L_{Aeq} değeri 90.30 dB(A) değerleri TS EN ISO 9612:2009 standardına uymamaktadır ancak mola ve yemek araları bu değerleri standarda uygun hale getirmiştir.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ve firmalarını bize açan Üçel 17 Tarım Makineleri Ltd. Şti. sahibi Mustafa YAVAŞ başta olmak üzere tüm firma çalışanlarına ve ölçümlerin planlanması ve veri analizlerinin gerçekleştirilmesindeki destekleri için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sn. Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER'e teşekkürlerimizi sunarız.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Makale birinci yazarın, sorumlu yazar danışmanlığındaki yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır. Yazarların katkıları: Planlama: Çay, A.; Materyal ve Metot: Çay, A., Ateş, D.; Veri toplama ve İşleme: Ateş, D.; İstatistik Analiz: Çay, A., Ateş, D.; Literatür Tarama: Ateş, D.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Ateş, D. ve Çay, A. şeklindedir.

Kaynakça

- Anonymous (2022) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Renewable Energy for Agri-Food Systems. www.fao.org/home/energy (Erişim Tarihi: 12.2022).
- Ateş, E. ve Alagöz, M. (2018). Tarım makinaları imalatı yapan bir firmada gürültü analiz. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 2(1): 13-22.
- Bayrakdar, G. (2016). *İşyerlerinde Aydınlatma Koşullarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi*. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. 122 s.
- Çiçek, G. and Sümer, S. K. (2021). Noise exposure levels in black tea processing factories and its effects on employees. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(2): 282-291.
- Göktoğaz, Z. G., Gözener, B. ve Karkacıer, O. (2006). Şeftali üretiminde enerji kullanımı Tokat ili örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 39-44.
- Józwik, J., Wac-Włodarczyk, A., Michałowska, J. and Kłoczko, M., (2017). Monitoring of the noise emitted by machine tools in industrial conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1): 83-93.
- Karabulut, D. (2022). *Amasya ili tarla tarımında uygulanan tarımsal üretim desenlerinin tarım makinaları işletmeciliği açısından irdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Aydın.
- Katunsky, D., Dolnikova, E. and Doroudiani, S. (2017). Integrated lighting efficiency analysis in large industrial buildings to enhance indoor environmental quality. *Buildings*, 7(2): 1-20.
- Kroemer, K. H. E. and Grandjean, E. (1997). Fitting The Task to The Human, A Textbook of Occupational Ergonomics, CRC Press, 5th Edition. Taylor and Francis Ltd, London, 416p.
- Ling, S., Yu, F., Sun, D., Sun, G. and Xu, L., 2021. A comprehensive review of tire-pavement noise: Generation mechanism, measurement methods, and quiet asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*, 287: 1-27.
- Mert, C., Aybek, A. ve Kuzu, H. (2021). Santrifüj gübre dağıtma makinesinde iki farklı tahrik sisteminin karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(4): 660-674.
- Onur, B. (2012). *İşçi sağlığı ve iş güvenliği açısından aydınlatma*. (Yüksek Lisans Tezi) Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Özbilgi, M. (2019). *Iğdır ilinin tarımsal mekanizasyon durumu sorunları ve çözüm örnekleri*. (Yüksek Lisans Tezi) Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Iğdır.
- Özgüven, M. (2012). Kapalı alanlarda kullanılan bazı hasat sonrası tarım makinalarının gürültü haritalarının incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3): 45-53.
- Özkul, S. C. and Sümer, S. K. (2022). Noise exposure in olive harvest mechanization. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2): 348-356.
- Perez, R., Seals, R. and Michalsky, J. (1993). All weather model for sky luminance distribution—Preliminary configuration and validation. *Solar Energy*, 50: 235-245.
- Sandıkçı, M. C. (2020). *Tekstil ve kozmetik firmalarında fiziksel risk etmenlerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimler Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yağmur, R. (2016). *Un İmalatında Çalışanların Gürültü ve Titreşim Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi. 95 s.
- Yıldız, İ. (2017). *Samsun ilinde kullanılan tek akslı traktör-tarım arabası kombinasyonlarının iş güvenliği açısından incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.

Çeltik Üretiminde Enerji Bilançosunun Belirlenmesi (Çorum İli Osmancık İlçesi Örneği)

Determination of Energy Balance in Paddy Production (Example of Osmancık District of Çorum Province)

Harun HACIOĞLU¹, Ebubekir ALTUNTAŞ², Mehmet Fırat BARAN^{3*}

Öz

Bu çalışmada, Çorum ili Osmancık İlçesinde çeltik üretiminde kullanılan enerji girdi ve çıktıları belirlenerek, üretimin enerji etkinliğinin saptanması amaçlanmıştır. 2020-2021 yılı üretim sezonunda Çorum ili Osmancık ilçesi örneği için çeltik üretimi yapan işletmelerin üretimdeki enerji parametrelerini belirlemek amacıyla anket yöntemi ile 8 köyden 166 işletmeyle yüz yüze görüşülmüştür. Çalışılan işletme sayısını belirlemek için tesadüf örnekleme metodu kullanılmıştır. Bu işletmeler büyüklüklerine göre 5.00-30.00, 30.01-60.00, 60.01-90.00 ve 90.01-110.00 da olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen bulgu ve etkinlik göstergelerine bağlı olarak, mevcut üretimin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri verilmiştir. Çeltik üretiminde enerji kullanımının hesaplanmasındaki girdiler arasında insan işgücü, tarım makineleri imalatı, elektrik, yakıt-yağ, kimyasal gübre, kimyasal ilaç, sulama ve tohum girdisi yer almıştır. Sonuçlarda Osmancık ilçesi için toplam girdi ve çıktı enerjisi çeltik tarımında sırasıyla 275 729.24 MJha⁻¹ ve 534 472.11 MJha⁻¹ olarak belirlenmiştir. En yüksek enerji girdileri sırasıyla sulama (%31.56), yakıt-yağ (%30.55), elektrik (%18.73) ve kimyasal ilaç enerjisi (%6.84) girdileri olarak belirlenmiştir. Çeltik tarımında enerji oranı ve enerji üretkenliği sırasıyla 2.17 ve 0.13 kgMJ⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sonuçlar açısından çeltik tarımında sulama sulama uygulaması ve elektrikli pompa kullanımıyla sulama girdilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Çorum ili Osmancık ilçesindeki çeltik üreticisi işletmelerin uyguladıkları üretim sisteminde enerji etkinliği parametreleri çerçevesinde öncelikle işletme bazlı, enerji oranını ve enerji karlılığını düşüren parametreleri dikkate alınabilecek tedbirler, üretim girdilerinin daha etkin kullanımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, teknolojik bir kullanım olan Drone ile ilaçlamanın girdi olarak hesaplamalara katılması da enerji hesaplamalarında önemli bir adımdır. Girdiler içerisinde en yüksek tüketim girdisi olan sulamada etkin sulama ile kaynakların korunmasına yönelik girdi miktarlarının azaltılmasıyla enerji etkinliğinin artırılması sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik, İşletme büyüklüğü, Enerji oranı, Enerji üretkenliği

¹Harun Hacıoğlu, Tokat Gaziosmanpaşa University, Agriculture Faculty, Biosystem Engineering Department, Tokat, Turkey. E-mail: hhacioglu38@gmail.com

²Ebubekir Altuntaş, Tokat Gaziosmanpaşa University, Agriculture Faculty, Biosystem Engineering Department, Tokat, Turkey. E-mail: ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

³Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Fırat Baran, Siirt University, Agriculture Faculty, Biosystem Engineering Department, Siirt, Turkey. E-mail: mfb197272@gmail.com

Atıf: Hacıoğlu, H., Altuntaş, E., Baran M. F. (2024). Çeltik üretiminde enerji bilançosunun belirlenmesi (Çorum İli Osmancık İlçesi örneği). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 468-481.

/Citation: Hacıoğlu, H., Altuntaş, E., Baran M. F. (2024). Determination of energy balance in paddy production (example of Osmancık District of Çorum Province). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 468-481.

*Bu Çalışma Harun Hacıoğlu'nun Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

In this study, It is aimed to determine the energy efficiency of production by determining the energy inputs and outputs used in paddy production in Osmancık District of Çorum province. 166 enterprises from 8 villages were interviewed face-to-face with the survey method in order to determine the energy parameters of paddy production in the enterprises in Osmancık district of Çorum province in the production season of 2020-2021. The simple random sampling method was used to determine survey volume. These enterprises were classified as 5.00-30.00, 30.01-60.00, 60.01-90.00 and 90.01-110.00 according to their sizes. Depending on the findings and efficiency indicators determined as a result of the study, solution suggestions were given for the improvement of the current production. Inputs in the calculation of energy use in paddy production included human labor, agricultural machinery, electricity, fuel-oil, chemical fertilizers, chemical pesticides, irrigation and seed inputs. In the results, the total input and output energy in paddy production were determined as 275 729.24 MJha⁻¹ and 534 472.11 MJha⁻¹, respectively, for Osmancık district. The highest energy inputs were determined as irrigation (31.56%), fuel-oil (30.55%), electricity (18.73%) and chemical pesticide energy (6.84). The energy ratio and energy productivity in rice farming were determined as 2.17 and 0.13 kgMJ⁻¹, respectively. In terms of the results, irrigation with the application of flood irrigation and the use of electric pumps had an important place in paddy agriculture. It is thought that the measures that can be taken by taking into account the parameters that reduce the energy rate and energy profitability, primarily enterprise-based, within the framework of energy efficiency parameters in the production system implemented by the paddy producers in the Osmancık district of Çorum will contribute to the more effective use of production inputs. In addition, the inclusion of spraying with drone, which is a technological use, to the calculations as an input is an important step in energy calculations. In irrigation, which is the highest consumption input among inputs, energy efficiency can be increased by reducing the amount of inputs for the protection of resources with efficient irrigation.

Keywords: Paddy, Enterprise size, Energy ratio, Energy productivity

1. Giriş

Tarımsal faaliyetlerdeki kullanılan tüm girdilerin etkin şekilde kullanımını arttırmaya yönelik planlamaların yapılmasıyla üretimdeki sürdürülebilirliğin sağlanmasının yanında, tarımda verimlilik artmaktadır. Sürdürülebilir bir tarımda enerji ve ekonomik boyut yanında çevrenin korunması da önemlidir. Genellikle enerji etkinliğini ve çevre boyutunu ölçmek için yapılan çalışmalarda üretimde kullanılan enerji analizleri içerisinde girdi ve çıktı değerleri dikkate alınmaktadır (Göktolga ve ark., 2006). Tarımsal verimliliği ortaya koymada ana değişkenler girdi ve çıktı ilişkisidir. Tarımsal üretimdeki girdi ve çıktı değerlerini bilimsel ve güncel rakamlarla hesaplamak yöntemsel olarak ele alınması gerekli temel konulardır (Işıklı ve Işın, 1991). Hem kârlı ve hem de başarılı bir tarımsal üretimde, birim alandan elde edilen çıktı ürünün enerjisi ile tüketilen toplam girdi enerjisinin oranlanmasıyla elde edilen enerji oranı hesaplanması önemli bir kıstas olarak değerlendirilir.

Enerji oranını arttırmada verimin artırılması yanında tüketilen girdilerin de azaltılması gereklidir. Enerji girdileri toplamı içinde önemli bir pay olan kimyasal gübre, kimyasal ilaç, yakıt-yağ, traktör ve tarım makineleri girdilerinin de azaltılması önemlidir. Verimi arttırmak belli sınırlar dahilinde sağlansa da enerji etkinlik değerini artırabilmek için üretimde tüketilen kimyasal ilaç, makine ve kimyasal gübre kullanımını belirli oranda ve bilinçli düzeyde azaltmak gerekmektedir (Gözübüyük ve ark., 2012).

Enerjinin ne kadar verimli kullanılıp kullanılmadığı, üretimdeki enerji girdi ve çıktı analizleri ile görülebilecektir. Enerji girdi ve çıktı analizleri, çoğunlukla enerji etkinliğini ve çevre boyutunu ölçmek için uygulanan çalışmalardır. Çıktı miktarlarının düşük çıkması, kullanılan girdilerin verimli halde kullanılmadığını göstermektedir. Girdilerin verimli halde kullanılmaması bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir. Üretimde, bilinçli kullanılmayan gübre ve ilaç, hem girdilerin israfına ve hem de çevrenin zarar görmesine neden olmaktadır (Göktolga ve ark., 2006).

Dünyanın çeltik üretimi için iklim şartları açısından en uygun bölgesi, Doğu Asya olup, Türkiye de toprak ve iklim yapısı itibarıyla çeltik yetiştiriciliğine elverişli imkanlara sahiptir. Dünya nüfusunun %21'inin ve Doğu Asya Bölgesi ülkeleri nüfusunun %76'sının kalori ihtiyacı çeltik ürününden karşılanmaktadır. Çeltik üretimi, genelde ılıman iklim kuşağında Güney ve Güneydoğu Asya'da özellikle Pakistan'dan Japonya'ya kadar bulunan ülkelerde yapılmaktadır. Dünya'da en fazla çeltik yetiştiren 25 ülkeden 17'si bu bölgede bulunmaktadır (Taşlıgil ve Şahin, 2011). Çeltik üretimi, özellikle Asya kıtasında ve dünyadaki tarım alanlarının yaklaşık %10'unda yapılmaktadır (Bal ve Altuntaş, 2019).

Dünya'daki çeltik üretim değerlerinde yıllara göre dalgalanmalar görülse de ekim alanı, üretim ve verim değerlerinde artış söz konusudur. FAO'nun 2022 yılı verilerine göre, 2010 yılındaki 160 833 727 ha olan ekim alanı, 2020 yılında 164 192 164 ha olarak %2 oranında artış göstermiştir. Çeltik üretim miktarı 2010-2020 yılları arasında ise %9 artarak 2020 yılında 756 743 722 tona ulaşmıştır. Çeltik verimi ise belirtilen yıllarda %7 oranında artarak 2020 yılında 461 kg/da olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye'de çeltik üretimi yıllara göre dalgalansa da ekim alanı ve üretim miktarı değerlerinde önemli oranda artışlar söz konusudur. TÜİK (2022) yılı verilerine göre, 2010 yılında 990 000 ha olan ekim alanı, 2021 yılında 1 294 904 ha olup %31 oranında artış göstermiştir. Türkiye'de çeltik üretim miktarı 2010-2021 yılları arasında %16 oranında artarak 1 000 000 tona ulaşmıştır. Çeltik verimi ise ekim alanı ve üretim miktarının aksine belirtilen yıllarda %11 oranında azalarak 2021 yılında 772 kgda⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Çeltik ekim alanındaki artış, verimdeki azalıştan fazla olduğundan üretim miktarı artışını sürdürmüştür (Kaya ve Ateş, 2022).

Tarımsal üretimde etkin enerji kullanımı, tüm girdilerin etkin kullanımı, işletmelerin ekonomik kazanımı ve girdilerin çevreye olan etkisini en iyi hale getirmek açısından önemlidir. Enerji analizleri ile bulunan sonuçlar, işletmelerde enerjinin ne derece etkin kullanıldığı dolayısıyla kaynakların verimli yönetimi açısından oldukça önemlidir. Türkiye'de Karadeniz Bölgesinde çeltik tarımında ve özellikle yoğun üretimin yapıldığı yerlerden olan Osmancık ilçesinde enerji kullanım etkinliklerinin belirlenmesine yönelik yapılmış bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada Karadeniz Bölgesi, Çorum ili Osmancık ilçesindeki çeltik tarımındaki enerji kullanım etkinliği belirlenmiştir.

Bu çalışmada bulunan veriler ile Çorum ili ve Osmancık ilçesindeki çiftçilerin çeltik üretiminde kullandıkları girdiler olarak insan işgücü, alet makine/traktör kullanımı, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı, sulama, tohum, yakıt-yağ enerjisi ve elektrik enerjisiyle üretimdeki enerji kullanım enerji parametrelerinin belirlenmesiyle, işletmelerin

çeltik üretim planlamasını gerçekleştirmede kullanılan yüksek enerji girdilerini azaltma yönünde önlemler almasına katkıda bulunabilecektir. Enerji bilançosunun belirlenmesiyle elde edilen sonuçlar, işletmelerin tüm enerji kalemlerinin ne derece etkin kullanıldığını dolayısıyla kaynakların verimli yönetimi açısından da büyük yararlar sağlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Anket uygulanacak işletme sayısının belirlenmesi

Araştırmada kullanılan veriler, Çorum ili Osmancık ilçesinde çeltik üretimi yapan 8 köydeki 166 işletme sahibi ile bire bir görüşülüp anket çalışması yapılarak elde edilmiş ve gerçek bilgiler oluşturulmuştur. Bununla beraber araştırma konusuna benzer daha önce yapılan diğer çalışmalardan, mevcut istatistiki bilgilerden, araştırmanın yapıldığı bölgede faaliyet gösteren İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Osmancık İlçesi Ziraat Odasından ve ilgili diğer kurum ve kuruluşların verilerinden faydalanılmıştır.

Osmancık İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, Çorum ili Osmancık ilçesine bağlı 25 köyde 776 üretici toplamda 22.832 da, mahalle statüsünde olan 18 mahallede ise 346 üretici 11.447 da alanda olmak üzere toplamda 34.279 da alanda çeltik üretimi yapılmaktadır. Çalışmada 'Basit Tesadüfi Örnekleme' yöntemine göre 166 üretici ile yüz yüze görüşme sağlanmış olup anket uygulaması yapılmıştır.

$$n = \frac{N \cdot S^2 \cdot t^2}{(N-1) \cdot d^2 + S^2 \cdot t^2} \quad (\text{Eş.1})$$

Eşitlikte;

n : Örnek hacmi

S : Standart sapma

t : Güven sınırı

N : Örnekleme çerçevesine ait toplam birim sayısı (ana popülasyon)

d : Kabul edilebilir hata payı

Tablo 1. Çeltik üretimi yapan işletmelerin büyüklüklerine göre dağılımı

Table 1. Distribution of the paddy production enterprises by size

İşletme Büyüklükleri (da)	Toplam İşletme Sayısı	%
5.00-30.00	17	10.24
30.01-60.00	92	55.42
60.01-90.00	45	27.11
90.01-110.00	12	7.23
Toplam	166	100.00

Anketlerde, üretim alanı, yapılan işlemler ve sayısı, kullanılan alet-makine ve traktör özellikleri, iş gücü, kullanılan kimyasal gübre ve kimyasal ilacın miktarları, arazinin sulama şekli, hasat uygulaması, hasat verimi ve tüm uygulamalarda sarf edilmiş toplam yakıt miktarı ve araziye atılan tohum miktarı sorulmuştur. Elde edilen veriler 2021 yılı üretim dönemine ait verilerdir. Anket çalışması ile ulaşılan veriler için daha önceki paragraflarda bahsedildiği gibi 5 da altında ve 110 da üzerindeki işletmeler ankete dahil edilmemiştir. İşletmelerdeki enerji etkinlikleri hesaplamaları, üretim yapılan arazi büyüklüğüne göre; 5.00-30.00 da, 30.01-60.00 da, 60.01-90.00 da ve 90.01-110.00 da olmak üzere dört farklı grupta sınıflandırılmış olup, buna göre hesaplamalar yapılmıştır. Osmancık ilçesinde ankete dâhil edilen köylerde yer alan işletmelerin büyüklüklerine göre dağılımları ve yüzdeleri *Tablo1*'de verilmiştir.

2.2. Enerji analizi

Çeltik yetiştiriciliğinde girdilerin hesaplanmasında kullanılan enerji eşdeğerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo2. Çeltik yetiştiriciliğinde girdilerin hesaplanmasında kullanılan enerji eşdeğerleri

Table 2. Energy equivalents used in the calculation of inputs in paddy cultivation

Girdiler ve Çıktılar	Birim	Değerler (MJ/birim)	Kaynaklar
Girdiler			
İnsan işgücü	h	1.96	Mani ve ark. (2007); Karaağaç ve ark. (2011); Baran ve Gökdoğan (2014)
Traktör		158.5	Barut ve ark. (2011)
Makine ve Ekipman		64.8	Gökdoğan ve Erdoğan (2018)
Kimyasal gübreler			
Azot	kg	66.14	Shrestha (2002).
Fosfor	kg	12.44	Shrestha (2002).
Potasyum	kg	11.15	Shrestha (2002).
Kükürt	kg	1.12	Mohammadi ve ark. (2008); Esengün ve ark. (2007)
İlaçlama	kg	101.2	Yaldız ve ark. (1993)
Yakıt-yağ	l	56.31	Demircan ve ark. (2006)
Su	m ³	0.63	Yaldız ve ark. (1993)
Elektrik	kWh	11.93	Özkan ve ark. (2004b); Zangeneh ve ark. (2010)
Tohum	kg	15.20	Yadav ve ark. (2013)
Çıktılar			
Çeltik	kg	17	Kitani (1999)

2.2.1. Doğrudan enerji girdileri

Elektrik, kömür, doğalgaz, petrol ürünleri ve biyokütle enerjisi doğrudan enerji kaynakları olarak sınıflandırılabilir. Üretim esnasında harcanan girdilerin en başında yakıt-yağ ve elektrik gelmekte ve doğrudan enerji girdilerinin büyük bir kısmını kapsamaktadır.

Yakıt-yağ enerjisi

Çeltik üretiminde kullanılan traktörün harcadığı yakıt tüketimi değerleri anket yardımıyla işletme sahiplerinden elde edilen verilerle belirlenmiştir. Yağ tüketimi ise yakıt tüketiminin %4.5’i alınacak şekilde hesaplamaya dahil edilmiştir (Özcan, 1985; AlpKent, 1984). Çeltik üretimi ile ilgili ele alınan enerji analizinde yağ-yakıt tüketimi değerleri Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır (Demircan ve ark., 2006; Singh, 2002).

$$YYE = YYT \times YED \quad (\text{Eş.2})$$

YYE : Yakıt-yağ Enerjisi (MJ/ha)

YYT : Yakıt-yağ Tüketimi (l/ha)

YED : Yakıt-yağ Enerji Eşdeğeri (MJ/l) (Tablo 2)

Elektrik enerjisi

Sulama amaçlı olarak kullanılan pompanın elektrik enerjisi İlaçlama ve gübreleme amaçlı da son yıllarda kullanılan Drone (insansız hava aracı), bataryasının harcadığı elektrik enerjisi de, elektrik enerji girdisine eklenerek hesaplamalar yapılmıştır. Dolayısıyla Drone’un bataryasının tükettiği elektrik enerjisi miktarı ile sulama amaçlı pompa ile harcanan elektrik enerji eşdeğeri için 11.93 MJ/m³ değeri dikkate alınmıştır (Zangeneh ve ark., 2010; Özkan ve ark., 2004a).

$$EE = (\text{E} \times \text{ha}) / \text{kWh} \times \text{EED} \quad (\text{Eş.3})$$

EE : Elektrik Enerjisi (kWh/ha-1)

₺ : Üretim Sezonunda 1 ha alan için ödenen ücret (TL)

ha : İşletme Büyüklüğü

kw₺ : 2021 Yılı İçin 1 kw elektrik ücreti (TL/kWh)

EED : Elektrik Enerji Eşdeğeri (Tablo2)

2.2.2 Dolaylı enerji girdileri

Alet ve makine üretimi, tohum, insan işgücü, sulama, kimyasal ilaç ve kimyasal gübre enerjileri dolaylı enerji kaynakları içerisinde yer almaktadır.

Kimyasal gübre enerjisi

Osmancık ilçesindeki çeltik üretiminde ankete dahil olan köylerdeki işletmelerde üretim boyunca, çeltik tarımında kimyasal gübre olarak; ekimden önce DAP veya 15/15/15 kompoze toprak gübresi ekimden 35-40 gün sonrasında üre gübresi Ekimden 65-70 gün sonra ise amonyum sülfat gübresi uygulanmaktadır.

Kimyasal ilaç enerjisi

Osmancık ilçesindeki çeltik üretiminde ankete dahil olan köylerdeki işletmelerde; ekimden 15-17 gün sonra birinci ilaçlama işlemi, ekimden 30-35 gün sonra ise, 2. ilaçlama işlemi yapılır. Çeltik ürününde ülkemizde sık görülen birtakım hastalıklar mevcuttur. Özellikle çeltik yanıklığı, kahverengi yaprak lekesi, kök boğaz çürüklüğü, beyaz uç nematodu gibi hastalıklarla mücadele edilebilmek için ilaçlamaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Sulama suyu enerjisi

Çeltik tarımında sulamada pompanın tahrikinde kullanılan, Elektrik motorunun enerji tüketimi belirlenerek, hesaplamalarda dolaylı enerji girdisi olarak ifade edilmiştir.

Tohum enerjisi

Çeltik tarımında tohumluğun enerji girdisi belirlenirken; uygulanan anketlerden elde edilen veriler yardımıyla birim alana atılan tohum miktarı bulunmuş ve çeltik tohumunun enerji eşdeğeri yardımıyla da hesaplamalar yapılmıştır.

Makine/traktör imalat enerjisi (Agregat enerjisi)

Çeltik tarımında kullanılan traktör ile tarımsal aletler ve makinelerin imalat enerji değerleri, Makine/traktör imalat enerji girdisini meydana getirmektedir. Bu girdinin bulunmasında anketlerden elde edilen veriler ve Eşitlik 4'den yararlanılmıştır.

$$MİE = MG \times MÜE/TMKÖ \times TİB \quad (Eş. 4)$$

Belirtilen formülde;

MİE : Makine İmalat Enerjisi/ Agregat Enerjisi (MJ ha⁻¹)

MG : Traktör/Makine Ağırlığı (kg)

TMKÖ : Traktör/Makine Kullanım Ömrü (h)

TİB : Tarla kapasitesi/İş başarısı (ha h⁻¹)

MÜE : Traktör/Makine Üretimi İçin Gerekli Olan Enerji Eşdeğeri (MJ kg⁻¹)

Eşitlik 4'de geçen TİB (Tarla kapasitesi/İş başarısı) ise, Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır (Şehri, 2012).

$$TİB = (S W Ef)/10 \quad (Eş. 5)$$

TİB: Tarla kapasitesi/İş başarısı (ha h⁻¹)

S: Çalışma Hızı (km h⁻¹)

Ef: Tarla Etkinliği

W: Makine İş Genişliği (m)

İnsan işgücü enerjisi

Çeltik insan işgücüne fazlaca ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmada insan iş gücü değerlerinin bulunmasında uygulanan anketten ve Eşitlik 6'dan yararlanılmıştır.

$$\text{İİGE} = \text{İİG} \times \text{BİİG} \quad (\text{Eş. 6})$$

Yukarıda yer alan formülde;

İİGE : İnsan İşgücü Enerjisi (MJ ha⁻¹)

İİG : İnsan İşgücü (h ha⁻¹)

BİİG : Birim Alanda Yapılan İnsan İşgücü Enerji Eşdeğeri (MJh⁻¹)

2.2.2.1. Enerji etkinliği analizi

Enerji oranı

Enerji oranı hesaplamaları, üretim esnasında harcanan girdiler ve elde edilen çıktıların oranlanması ile hesaplanmaktadır. Enerji oranı, işletmedeki girdi faktörlerinin etkin kullanılıp kullanılmadığını ve çıktıya ne kadar verimli yansıdığını göstermektedir. Çalışmadaki her bir girdinin enerji eşdeğeri ile ortaya çıkan ürünlerin enerji karşılığı oranı olan enerji oranı aşağıda yer alan Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanmıştır (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$\text{EO} = \text{TEÇ}/\text{TEG} \quad (\text{Eş.7})$$

EO : Enerji oranı

TEÇ : Toplam Enerji Çıktısı (MJ ha⁻¹)

TEG : Toplam Enerji Girdisi (MJ ha⁻¹)

Özgül enerji

Üretim sırasında yapılan bütün işlemlerin enerjilerinin, hasadı gerçekleştirilen ürünün miktarına yapılan oranlama şeklinde ifade edilir (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$\text{ÖE} = \text{TEG}/\text{TÜM} \quad (\text{Eş. 8})$$

ÖE : Özgül Enerji (MJ kg⁻¹)

TEG : Toplam Enerji Girdisi (MJ ha⁻¹)

TÜM : Toplam Ürün Miktarı (kg ha⁻¹)

Enerji üretkenliği

Hasat işlemi gerçekleştirilen ürünün tamamının, üretim aşamasında uygulanan tüm girdi enerjisine oranlanmasıyla elde edilir (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$\text{EÜ} = \text{TÜM}/\text{TEG} \quad (\text{Eş. 9})$$

EÜ : Enerji Üretkenliği (kg MJ⁻¹)

TÜM : Toplam Ürün Miktarı (MJ ha⁻¹)

TEG : Toplam Enerji Girdisi (MJ ha⁻¹)

Net enerji

Üretimde uygulanan işlemlerin yani çıktılarının tamamıyla, üretim sonunda elde edilen toplam girdi miktarından çıkarılmasıyla hesaplanan değerdir (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$\text{NE} = \text{TEÇ} - \text{TEG} \quad (\text{Eş.10})$$

NE : Net Enerji (MJ/ha)

TEÇ : Toplam Enerji Çıktısı (MJ ha⁻¹)

TEG : Toplam Enerji Girdisi (MJ ha⁻¹)

Enerji kârlılığı

Yapılan üretimde uygulanan işlemlerdeki toplam enerji çıktısı ile toplam enerji girdisi arasındaki farkı oluşturan Net enerjinin (NE) toplam enerji girdisine oranlamasıyla hesaplanan değerdir (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$EK = NE/TEG \quad (\text{Eş. 11})$$

EK : Enerji Karlılığı (MJ ha⁻¹)

NE : Net Enerji (MJ ha⁻¹)

TEG : Toplam Enerji Girdisi (MJ ha⁻¹)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Elde edilen verilere göre Çorum ili Osmancık ilçesi çeltik üretimindeki toplam enerji girdisi, toplam enerji çıktısı ve enerji etkinliği analizi sonuçları Materyal ve Yöntem bölümündeki belirtilen sıraya göre verilmiştir.

3.1. Çorum ili Osmancık ilçesi çeltik üretiminde kullanılan girdi ortalama değerleri

Anket verileri ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu ortalama üretim girdi miktarları ile çeltik verim değerleri *Tablo 3*'te gösterilmiştir.

Tablo3. Çeltik üretiminde girdi miktarları ve verim değeri

Table3. Input amounts and yield value in paddy production

Girdiler		İşletme Grupları (da)			
		5.00-30.00	30.01-60.00	60.01-90.00	90.01-110.00
Yakıt (l ha ⁻¹)	Toprak işleme	215.93	275.37	395.96	526.25
	Ekim	2.63	2.37	1.99	2.38
	Gübreleme	9.45	11.17	9.94	13.93
	İlaçlama	7.91	7.45	5.76	6.86
	Hasat	0.17	0.17	0.17	0.17
Elektrik (kWhha ⁻¹)		194.59	607.27	803.31	2723.26
Makine-İmalat	Tarım Alet ve Makinaları	18.30	20.15	23.70	19.82
	Traktör	0.223	0.164	0.159	0.104
İş gücü (h ha ⁻¹)	Toprak işleme	21.94	15.20	15.23	14.54
	Ekim	4.48	4.61	5.29	4.13
	Gübreleme	11.66	11.33	10.31	7.50
	İlaçlama	8.99	12.67	6.05	4.57
	Hasat	5.99	5.99	5.99	5.99
Gübre (kg ha ⁻¹)	Azot	47.10	43.64	52.36	72.90
	Fosfor	22.29	28.67	30.23	34.38
İlaç (kg ha ⁻¹)	Herbisit	26.44	39.44	52.38	68.15
Tohum (kg ha ⁻¹)		207.35	205.82	200.30	206.00
Sulama (m ³ ha ⁻¹)		29201.16	35155.70	40552.09	33240.03
Verim (kg ha ⁻¹)		7958.82	7867.93	8037.78	7575.00

Araştırma kapsamında çeltik üretimi yapan işletmelerde girdi miktarları incelendiğinde, tohum kullanımı açısından 5.00-30.00 da arası işletmelerde 207.35 kg ha⁻¹ ile en yüksek sonuç elde edilmiştir. İnsan iş gücü girdisinin ise 5.00-30.00 da işletmelerde 21.94 h ha⁻¹ değerle toprak işlemede en fazla olduğu hesaplanmıştır. Toplam gübre tüketimi ise 90.01-110.00 da işletmelerde 107.28 kg ha⁻¹ değerle en yüksek değerdedir. 90.01-110.00 da işletmelerde ilaç girdisi 68.15 kg ha⁻¹ değerle diğer işletme gruplarından daha fazladır.

Makine imalat girdisi olarak 23.70 h ha⁻¹ ile 60.01-90.00 da büyüklüğündeki işletmelerde en yüksek değer olarak bulunmuştur. Sulama girdisi 40552.09 m³ha⁻¹ ile 60.01-90.00 da büyüklüğündeki işletmelerde en fazladır. Yakıt-yağ tüketiminin 526.25 l ha⁻¹ değerle 90.01-110.00 da işletmelerde yüksek olduğu hesaplanmıştır. Elektrik

girdisinin en fazla olduğu işletme ise 2723.26 MJ ha⁻¹ ile 90.01-110.00 da işletmelerde bulunmuştur. Toplanan veriler doğrultusunda ortalama çeltik veriminin 8037.78 kg ha⁻¹ değerle 60.01-90.00 da işletme grubunda yüksek olduğu görülmüştür.

3.2. Enerji etkinliğinin değerlendirilmesi

Araştırma kapsamında çeltik üretimi yapan işletmelerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, çeltik üretimi için tüketilen toplam enerji ile birim çeltik üretim alanı başına enerji tüketimleri hesaplanmıştır. *Tablo 4*'te enerji girdi bileşenleri toplu şekilde özetlenmiştir. *Tablo 4*'te ayrıca, çeltik veriminden hareketle incelenen bütün işletmeler için hesaplanmış toplam enerji çıktı değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Osmaniye ilçesi genelinde çeltik üretiminde toplam girdi ve toplam çıktı enerjileri ve yüzdeleri

Table 4. Total input and total output energies and percentages in paddy production throughout Osmaniye

Girdiler	Enerji değeri (MJ ha ⁻¹)	Yüzde (%)	Toplam (%)	Toplam Girdi Enerjisi %
Yakıt-yağ	84 241.06	62.00		30.55
Elektrik	51 638.21	38.00		18.73
Doğrudan enerji toplamı	135 879.27	100.00	49.28	
Makine imalat	5 414.54	3.87		1.96
İnsan iş gücü	357.57	0.26		0.13
Kimyasal gübre	15 723.87	11.24		5.70
Kimyasal ilaç	18 864.16	13.49		6.84
Tohum	12 455.97	8.91		4.52
Sulama	87 033.86	62.23		31.56
Dolaylı enerji toplamı	139 849.97	100.00	50.72	
Girdi Enerjileri Toplamı	275 729.24		100.00	100.00

Araştırma kapsamında çeltik üretiminde toplam enerji girdisinin değeri 275 729.24 MJ ha⁻¹ olarak toplam enerji çıktısı ise 534 472.11 MJ ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Doğrudan enerji girdisi 135 879.27 MJ ha⁻¹, dolaylı enerji girdisi ise 139 849.97 MJ ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Doğrudan ve dolaylı enerji girdileri oranlandığında ise, toplam enerji girdisinin %49.28'inin doğrudan enerji, %50.72'sinin ise dolaylı enerji girdisi olduğu hesaplanmıştır. Benzer şekilde Pishgar-Komleh ve ark. (2011) İran'ın Guilan eyaletindeki işletmelerde çeltik üretimindeki doğrudan enerji girdileri toplamını 18 072.93 MJ ha⁻¹ ile hesaplarlarken, Baran ve ark. (2015) ise, Trakya Bölgesi, Kırklareli ilindeki çeltik üretiminde toplam doğrudan enerji girdi enerjisini 12 050.34 MJ ha⁻¹ olarak bulmuşlardır.

Doğrudan enerji girdilerine bakıldığında zaman, en yüksek girdi 84 241.06 MJ ha⁻¹ değeri ve %62.00 oranı ile yakıt-yağ enerjisi, 51 638.21 MJ ha⁻¹ değeri ve %38.00 oranı ile de elektrik enerjisi olarak bulunmuştur. Dolaylı enerji girdileri içerisinde en yüksek girdiyi, 87 033.86 MJ ha⁻¹ değeri ve %62.23 oranıyla sulama enerjisi oluştururken, bunu %13.49 oranıyla kimyasal ilaç enerjisi ve %11.24 oranıyla kimyasal gübre enerji girdisi takip etmiştir. Toplam enerji girdisi oranlarına bakıldığında zaman; sırasıyla en yüksek girdi oranı %31.56 ile sulama enerjisi, %30.55 ile yakıt-yağ enerjisi, %18.73 ile elektrik enerjisi ve %6.84 ile kimyasal ilaç enerjisi olarak hesaplanmıştır.

Alipour ve ark. (2012), İran-Guilan eyaletindeki çeltik üretimindeki işletmelerin toplam girdi enerjileri içerisindeki kimyasal gübre enerjisi girdisinin 9 459.13 MJ ha⁻¹ (%19.88) değeri ile sulama enerjisi (%38.84), elektrik (%27.87) enerjisinden sonra üçüncü sırada yer aldığını belirlemiştir.

Baran ve ark. (2015), Trakya Bölgesi, Kırklareli ilindeki çeltik üretiminde dolaylı enerji girdileri toplamının 50 412.21 MJ ha⁻¹ olduğunu ve en yüksek girdi enerjisinin 19 293.75 MJ ha⁻¹ değeri ve %38.27 oranı ile sulama enerjisi olduğunu, 11 211 MJ ha⁻¹ ile kimyasal gübre enerjisinin ise %22.14 ile üçüncü sırada yer aldığını ifade etmişlerdir.

Nabavi-Pelesaerai ve ark. (2017), İran'ın Guilan eyaletindeki işletmelerin çeltik üretiminde dolaylı enerji girdi toplamı içerisindeki en yüksek oranın %65.02 ile kimyasal gübre enerjisinin, en düşük oranın ise %3.75 ile makine imalat enerjisinin olduğunu belirlemiştir. Çalışmada, sulama enerjisi dolaylı enerjiler içerisinde %66.33 ile en yüksek dolaylı girdi enerjisini oluşturmaktadır.

Literatürle karşılaştırmalar yapıldığında, Alipour ve ark. (2012) ve Baran ve ark. (2015)'in bulunduğu sonuçlarda yer alan sulama enerjisinin en yüksek girdi olması noktasında yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Diğer yapılan çalışmalarda Baran ve Gökdoğan (2017) kimyasal gübre enerjisini, Baran ve ark. (2019) sulama enerjisini, Baran ve ark. (2021) elektrik enerjisini, Demir ve ark. (2022) çiftlik gübresi enerjisini, Seydoşoğlu ve ark. (2023) yakıt enerjisini, Güngörmez ve ark. (2023) yakıt enerjisini, Turan ve ark. (2023) kimyasal gübre enerjisini üretimde en yüksek girdi olarak hesaplamışlardır.

İşletmelerde çeltik üretiminin enerji bilançosunun belirlenmesinde yer alan; enerji oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, net enerji ve enerji kârlılığı parametreleri ayrı ayrı *Tablo 5*'te verilmiştir.

Enerji hesaplamalarında yer alan enerji oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, net enerji ve enerji kârlılığı parametreleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Enerji etkinlik hesaplamaları, üretim esnasında yapılan girdiler ve bunun sonucunda elde edilen çıktıların karşılaştırılması, özgül enerji, üretim sırasında yapılan bütün işlemlerdeki enerjilerin, hasadı gerçekleştirilen ürünün miktarına oranlanması ile belirlenir.

Enerji üretkenliği değeri, hasat işlemi gerçekleştirilen ürünün tamamının, üretim aşamasında uygulanan tüm enerjiye oranlanmasıyla elde edilirken, net enerji ise yapılan üretimde uygulanan işlemlerin yani çıktılarının tamamıyla, üretim sonunda elde edilen ürünün yani girdinin miktarından çıkarılmasıyla hesaplanarak, enerji kârlılığı da yapılan üretimde uygulanan işlemlerdeki toplam enerji çıktısı ile toplam enerji girdisi arasındaki farkı oluşturan net enerjinin toplam enerji girdisine oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Enerji oranı, birim üretim alanında (ha) tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık, üretim sonucunda birim üretim alanından (ha) kazanılan enerji miktarını (MJ) belirtir (Öztürk, 2011) ve toplam enerji çıktısının toplam enerji girdisine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Tablo 5. Enerji oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, net enerji ve enerji kârlılığı parametrelerinin göstergeleri

Table 5. Indicators of energy ratio, specific energy, energy productivity, net energy and energy profitability parameters

İşletme Büyükükleri (da)	Enerji Oranı (MJ ha ⁻¹)	Özgül Enerji (MJ kg ⁻¹)	Enerji Üretkenliği (kg MJ ⁻¹)	Net Enerji (MJ ha ⁻¹)	Enerji Kârlılığı
5.00-30.00	3.07	5.54	0.18	91 206.32	2.07
30.01-60.00	2.36	7.21	0.14	76 990.69	1.36
60.01-90.00	2.05	8.31	0.12	69 844.76	1.05
90.01-110.00	1.20	14.14	0.07	21 657.33	0.20
Toplam	2.17	8.80	0.13	64 924.78	1.17

Tablo 5'e göre, enerji oranı için en yüksek değer 3.07 ile 5.00-30.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunurken, en düşük değer 1.20 ile 90.01-110.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunmuştur. Tüm işletmeler için ortalama enerji oranı ise Osmancık ilçesi için 2.17 MJ ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Enerji oranı değerinin yüksek olması üretimde enerjinin etkin kullanıldığını göstergesidir.

Özgül enerji, toplam enerji girdisinin hasat edilen toplam ürün miktarına bölünmesiyle elde edilen bir değerdir. Üretimdeki enerji üretkenliği ile ters orantılı olup, özgül enerjinin düşük olması üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması olarak ifade edilir. Yapılan hesaplamalara göre en yüksek değer 90.01-110.00 da büyüklüğündeki işletmelerde 14.14 MJkg⁻¹ olarak bulunurken, en düşük değer 5.54 MJkg⁻¹ ile 5.00-30.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunmuştur. Ortalama özgül enerji değeri ise 8.80 MJ kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Enerji üretkenliği, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak ifade edilir. Tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık üretilen ürün miktarını (kg) belirtir. Sonucun büyük olması, enerjinin etkin kullanıldığını göstermektedir (Öztürk, 2011).

Tablo 5'e baktığımızda, enerji üretkenliği en fazla 0.18 kgMJ⁻¹ ile 5.00-30.00 da büyüklüğündeki işletmeler çıkarken, en düşük değer ise 0.07 kgMJ⁻¹ değeriyle 90.01-110.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunmuştur. Ortalama enerji üretkenliği değeri ise 0.13 kgMJ⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Net enerji verimi değeri üretim girdileri enerjisi toplamının üretilen ürün enerjisinden çıkarılmasıyla elde edilmekte, net enerji verimi değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir. Buna göre, net enerji değeri en yüksek 91 206.32 MJha⁻¹ ile 5.00-30.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunurken, en düşük değer ise 21 657.33 MJha⁻¹ ile 90.01-110.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunmuştur. Ortalama net enerji değeri ise 64 924.78 MJha⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Enerji kârlılığı, net enerji değerinin enerji girdisi değerine oranlanmasıyla bulunmaktadır. Enerji kârlılığı için en yüksek değer 2.07 ile 5.00-30.00 da büyüklüğündeki işletmelerde hesaplanırken, en düşük değer ise 0.20 ile 90.01-110.00 da büyüklüğündeki işletmelerde bulunmuş olup, ortalama enerji kârlılığı ise 1.17 olarak belirlenmiştir.

Baran ve Karaağaç (2014), Kırklareli ili ikinci ürün ayçiçeği üretimindeki enerji etkinliği için enerji çıktı/girdi oranını 3.21 MJha⁻¹, özgül enerji değerini 8.19 MJkg⁻¹, net enerjiyi 34 404.90 MJha⁻¹ olarak bulmuştur. Pishgar-Komleh ve ark. (2011), İran'ın Guilan eyaletinde çeltik üretiminin enerji kullanım etkinliği ve enerji verimliliği değerlerini sırasıyla 1.53 MJha⁻¹ ve 0.09 kgMJ⁻¹ olarak bulmuşlardır.

Alipour ve ark. (2012), çeltikte enerji oranı ve enerji verimliliği sırasıyla 2.19 MJha⁻¹ ve 0.064 kgMJ⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Çalışmada, enerji oranı, özgül enerji, enerji verimliliği ve enerji üretkenliğini sırasıyla 2.17 MJ ha⁻¹; 8.80 MJkg⁻¹; 0.12 kgMJ⁻¹ ve 64 924.78 MJha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmada bulunan enerji oranı değeri, literatür değerleri aralığında bulunmuştur.

Özgül enerji değeri ortalama Osmancık ilçesi geneli için Baran ve Karaağaç (2014)'ın belirttiği değere yakın değerdedir. Enerji verimliliği (enerji üretkenliği) değeri açısından bakıldığında, Alipour ve ark. (2012) ile Pishgar-Komleh ve ark. (2011) belirttiği değerlere göre bu çalışmadaki değer daha yüksek bulunmuştur.

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma kapsamında Çorum ili Osmancık ilçesinde çeltik üretimi yapılan ve anket uygulanan işletmelerin çeltik üretimindeki enerji bilançoları belirlenmiş, çeltik üretimi yapan işletmelerin enerji kullanım etkinliği tüm işlemler dikkate alınarak toprak hazırlığı, ekim-bakım gübreleme, ilaçlama, sulama, hasat işlemleri için belirlenerek, enerji parametreleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Enerji bilançosunun belirlenmesinde, doğrudan ve dolaylı enerji tüketimleri ve enerji parametreleri olarak enerji oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, net enerji ve enerji kârlılığı gibi çok önemli parametrelere ait sonuçlar elde edilmiştir.

Çorum ili Osmancık ilçesindeki çiftçilerin çeltik üretiminde kullandıkları traktör ve tarım alet-makinelerinin yanında, bu makinelerin kullanım etkinliğinin belirlenmesi ile çeltik üretiminin genel olarak enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi, üretim planlaması açısından büyük önem arz etmektedir. Enerji bilançosunun belirlenmesiyle bulunan sonuçlar, işletmelerde enerjinin ne derece etkin kullanıldığını belirlemeye, dolayısıyla kaynakların verimli yönetimi açısından da büyük yararlar sağlayacaktır.

Çeltik tarımında salma sulama uygulaması ve elektrikli pompa kullanımıyla sulamanın girdiler içerisinde önemli bir yer tuttuğu, teknolojik bir kullanım olan Drone ile ilaçlamanın girdi olarak hesaplamalara katılması da enerji hesaplamalarında önemli bir adımdır. Girdiler içerisinde en yüksek tüketim girdisi olan sulamada etkin sulama ile kaynakların korunmasına yönelik girdi miktarlarının azaltılmasıyla enerji etkinliğinin artırılması mümkün olabilecektir.

Bu çalışma ile çeltik üreticisi işletmelerin uyguladıkları üretim sisteminde enerji etkinliği parametreleri çerçevesinde öncelikle işletme bazlı, enerji oranını ve enerji karlılığını düşüren parametreleri dikkate alarak alınabilecek tedbirlerin üretim girdilerinin daha etkin kullanımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 01/10/2021 tarih ve 01-17 sayılı izin kapsamında hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz

Yazarlık Katkı Beyanı

Çalışma bir yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiş olup planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamaları 2. yazar olan Prof. Dr. Ebubekir Altuntaş ve Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran tarafından gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması, deneylerin gerçekleştirilerek verilerin toplanması ve işlenmesi, istatistiksel analizlerin ve değerlendirmelerin yapılması 1. yazar olan Harun HACIOĞLU tarafından gerçekleştirilmiştir. Makalenin yazımı her üç yazar tarafından ortak bir şekilde gerçekleştirilerek makalenin incelenmesi ve son düzeltmeler Prof. Dr. Ebubekir Altuntaş ve Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran tarafından tamamlanmıştır.

Kaynakça

- Alipour A., Veisi H., Darijani F., Mirbagheri B. and Behbahani A. G. (2012). Study and Determination of Energy Consumption to Produce Conventional Rice of the Guilan Province. *Research. Agriculture Engineering*, 58: 99-106.
- Alpkent, N. (1984). Tarımda Enerji Kullanımı ve Enerji Tasarrufu. Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 296, Ankara.
- Bal, M. ve Altuntaş, E. (2019). Çorum İlinde Çeltik Üretimi Yapan İşletmelerin Tarımsal Mekanizasyon Durumu, *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1): 63-76.
- Baran M. F. and Gökdoğan, O. (2017). Determination of energy use efficiency of sesame production, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14(3): 73–79.
- Baran, M. F. ve Gökdoğan, O. (2014). Karpuz ve kavun yetiştiriciliğinde enerji girdi-çıkışı analizi: Kırklareli İli örneği, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 217-224.
- Baran, M. F. ve Karaağaç, H. A., (2014). Kırklareli koşullarında ikinci ürün ayçiçeği üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 117-123.
- Baran, M. F., Gokdogan, O., Bagdatli, M. C. and Belliturk, K. (2015). Energy balance of rice production in Turkey: A Case study for Kırklareli Province. *EC Agriculture*, 1(3): 167-173.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O. and Bayhan, Y. (2021). Determination of energy balance and greenhouse gas emissions GHG of cotton cultivation in Turkey A case study from Bismil district of Diyarbakır province. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(2): 322–332.
- Baran, M. F., Karaağaç, H. A., Bolat, A., Çil, A. ve Çil, A. N. (2019). Yerfıstığı üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15): 103-111. <https://doi.org/10.31590/ejosat.501576>
- Barut, Z. B., Ertekin, C. ve Karaağaç, H. A. (2011). Tillage effects on energy use for corn silage in mediterranean coastal of Turkey. *Energy*, 36(9): 5466-5475.
- Demir, C., Baran, M. F. and Gökdoğan, O. (2022). Determination of energy usage and greenhouse gas emissions in lavender production, *Revista De Investigaciones Universidad Del Quindío*, 34(5): 192-202.
- Demircan, V., Ekinci., K., Keener., H. M., Akbolat, D. ve Ekinci, C. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management*, 47: 1761-1769.
- Erdoğan, Y., (2009). *Tarımsal üretimde enerji girdi çıktı analizlerinde kullanılacak internet tabanlı bir yazılımın geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana.
- Esengun, K., Gunduz, O. ve Erdal. G. (2007). Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 48: 592-598.
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim Tarihi:12.12.2022)
- Gökdoğan, O. ve Erdoğan, O. (2018). Evaluation of energy balance in organic olive (*Olea Europaea* L.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 60: 47–52.
- Göktoğa, Z. G., Gözener, B. ve Karkacier, O., (2006). Şeftali Üretiminde Enerji Kullanımı, Tokat İl Örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 39-44.
- Gözübüyük, Z., Çelik, A., Öztürk, İ., Demir, O. ve Adıgüzel, M. C. (2012). Buğday üretiminde farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 8(1): 25-34.
- Güngörmez, M., Tan, F. and Baran, M. F. (2023). Energy consumption in alfalfa production A Comparison between harvesting systems, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 80–93.
- Işıklı E. ve Işın, Ş. (1991). Son On Yılda Türkiye’de Tarım Sektörünün Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi, *I. Verimlilik Kongresi*, Bildiriler, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No: 5454, s. 345, Ankara.
- Karaagac, M. A., Aykanat, S., Cakir, B., Eren, O., Turgut, M. M., Barut, Z. B. and Ozturk H. H. (2011). Energy Balance of Wheat And Maize Crops Production in Haciiali Undertaking, *11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress*, 21-23 September, Istanbul, Turkey, p. 388-391.
- Kaya A. ve Ateş, M., (2022). Türkiye’de Çeltik Üretiminde Yıllar İtibarıyla Değişimi. *Anadolu 11th International Conference On Applied Science* – December 29- 30, 2022 – Diyarbakır, Türkiye.
- Kitani, O. (1999). Energy for Biological Systems. In: The International Commission of Agricultural Engineering, editor, CIGR handbook of agricultural engineering: Energy and biomass engineering, Vol. V. *American Society of Agricultural Engineers*, p. 13-42. J. Ortiz-Canavate, J. and J. L. Hernanz. Energy for biological systems, p. 22.
- Mani, I., Kumar, P., Panwar, J. S. and Kant, K. (2007). Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in Hill Regions of Himachal Prades, India. *Energy*, 32: 2336-2339.
- Mohammadi, A., Tabatabaefar, A., Shahin, S., Rafiee, S. and Keyhani, A. (2008). Energy use economical analysis of potato production in Iran A Case Study; Ardabil Province. *Energy Conversion & Management*, 49: 3566-3570.

- Nabavi-Pelesaraei A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H. and Kwok-wing Chau, K. W., (2017). Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques, *Journal of Cleaner Production*, 162: 571-586.
- Özcan, M. T. (1985). *Mercimek hasat ve harman yöntemlerinin iş verimi kalitesi, enerji tüketimi ve maliyet yönünden karşılaştırılması ve uygun bir hasat makinası geliştirilmesi üzerine araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.
- Özkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. (2004a). Energy input output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29: 39-51.
- Özkan, B., Kürklü, A. and Akçaöz, H. (2004b). An input-output analysis in greenhouse vegetable production: A Case study for Antalya Region of Turkey. *Biomass & Bioenergy*, 26: 89-95.
- Öztürk, H. H. (2011). Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. *Hasad Yayıncılık*, İstanbul
- Pishgar-Komleh, S. H., Sefeedpari, P. and Rafiee S. (2011). Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran, *Energy*, 36(10): 5824-5831.
- Seydoşoğlu, S., Baran, M. F., Turan, N., Alfarraj, S. and Albasher, G. A. (2023). Greenhouse gas emission and energy analysis of vetch *Vicia sativa* L. Cultivation. *Journal of King Saud University - Science*, 35(3): 1-5.
- Shrestha, D. S. (2002). Energy Use Efficiency Indicator For Agriculture. s.28-30.
- Singh, J. M. (2002). *On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India*. (MSc. Thesis). International Institute of Management University of Flensburg, Germany.
- Şehri, M. (2012). *Adana yöresi pamuk üretiminde enerji kullanım etkinliği ve maliyet analizi*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Taşlıgil, N. ve Şahin, G. (2011). Türkiye'de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliği ve coğrafi dağılımı. *Journal of Social Sciences*, 4(6): 182-203.
- Turan, N., Seydoşoğlu, S., Baran, M. F. and Demir, C. (2022). Determination of energy utilization efficiency and greenhouse gas GHG emissions for forage pea production at Muş province in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 55 (4): 1-6.
- TÜİK (2022). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 12.01.2023).
- Yadav, S. N., Chandra, R., Khura, T. K., Chauhan, N. S. (2013). Energy input-output analysis and mechanization status for cultivation of rice and maize crops in Sikkim. *Agriculture Engineering Int: CIGR Journal*, 15(3): 108-116.
- Yaldız, O., Ozturk, H. H., Zeren, Y. and Bascetincelik, A., (1993). Energy Usage in Production of Field Crops in Turkey. *5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, October, 11-14, pp. 527-536, Kusadasi, Turkey.
- Zangeneh, M., Omid, M. and Akram, A. A. (2010). Comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan Province of Iran. *Energy*, 35: 2927-2933.

Modelleme ve Tahmin Amaçlı Veri Ön İşleme Yöntemlerinin Ürün Kurutma Örneği ile Açıklanması

Explaining Data Preprocessing Methods for Modeling and Forecasting with the Example of Product Drying


Cem KORKMAZ^{1*}, İlyas KACAR²

Öz

Regresyon geleneksel bir veri işleme yöntemi olsa da, makine ve derin öğrenme yöntemleri hem modelleme hem de tahmin için son yıllarda literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için veri türünün anlaşılmasına yönelik bir ön değerlendirme yapılması önem arz etmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada ön değerlendirme prosedürleri açıklanmıştır. Kurutma deney düzeneğinde kullanılan ölçüm cihazları ve sensörlerindeki ölçüm belirsizliklerini belirlemek için deneysel belirsizlik analizi yapılmıştır. Veri setindeki değişkenler arasındaki anlamlı ve anlamsız ilişkiler Pearson korelasyon matrisi ile belirlenmiştir. Kurutma verilerindeki zaman serisi gecikmesini belirlemek için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları kullanılmış ve 5 gecikmeli bir AR(5) serisi belirlenmiştir. Kurutma sürecinin doğal davranışından kaynaklanan ham verilerdeki tepe ve dip noktalar nedeniyle verilerin değişken varyansa sahip olduğu görülmüştür. Ham verileri bozmadan gerçekleştirilen normalizasyon ön değerlendirme işlemi ile modelleme başarısı elde edilmiştir. Böylece geleneksel modellere göre daha iyi modeller elde edilebileceği gösterilmiştir. Makine öğrenmesi yönteminde gizli katman ve nöron sayısını belirlemek için kullanılan deneme yanılma yöntemindeki, gereksiz zaman ve hesaplama maliyetlerinden kaçınmak için, literatürde önerilen çeşitli formüller karşılaştırılmıştır. Korelasyon katsayısının, modelin iyiliğini belirlemede tek başına yeterli olmadığı gösterilmiştir. Bu çalışmadaki verilerin modellenmesinde, NARX modelinin ANFIS ve LSTM modellerine göre daha hızlı ve daha az hata ile istenen değere yakınsadığı görülmüştür. Döner tamburlu bir kurutucunun simülasyonunda, ağ bağımsızlık analizi ile optimum ağ elemanı sayısı 1137 olarak belirlenmiştir. Bu sayede gereksiz aşırı hesaplamaların önüne geçilmiştir. Elbette tüm bu yöntemler istatistik biliminde zaten mevcuttur. Ancak bu çalışmada özellikle bu alanın dışında olan genç araştırmacıların hız kazanması ve kolay kavrayabilmesi için modelleme ve tahmin amaçlı kullanılacak yöntemler, özenle seçilmiş ve örneklerle açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri işleme, Regresyon, Pearson, Oto korelasyon fonksiyonu, Kısmi oto korelasyon fonksiyonu, Heteroscedasticity, Yakınsama, Doğrulama

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Cem Korkmaz, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye. E-mail: ckorkmaz@cu.edu.tr  ORCID: 0000-0003-1062-4581

²İlyas Kacar, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Niğde, TÜRKİYE E-mail: ikacar@gmail.com  ORCID: 0000-0002-5887-8807

Atıf: Korkmaz, C., Kacar, İ. (2024). Modelleme ve tahmin amaçlı veri ön işleme yöntemlerinin ürün kurutma örneği ile açıklanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 482-500.

Citation: Korkmaz, C., Kacar, İ. (2024). Explaining data preprocessing methods for modeling and forecasting with the example of product drying. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 482-500.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

Although regression is a traditional data processing method, machine and deep learning methods have been widely used in the literature in recent years for both modelling and prediction. However, in order to use these methods efficiently, it is important to perform a preliminary evaluation to understand the data type. Therefore, pre-evaluation procedures are described in this study. Experimental uncertainty analysis was performed to determine the measurement uncertainties in the measurement devices and sensors used in the drying experimental setup. Significant and insignificant relationships between variables in the data set were determined by Pearson correlation matrix. Autocorrelation and partial autocorrelation functions were used to determine the time series lag in the drying data and an AR(5) series with 5 lags was determined. The data were found to have variable variance due to peaks and troughs in the raw data resulting from the natural behaviour of the drying process. Modelling success was achieved with the normalisation pre-evaluation process performed without distorting the raw data. Thus, it has been shown that better models can be obtained compared to traditional models. In order to avoid unnecessary time and computational costs in the trial and error method used to determine the number of hidden layers and neurons in the machine learning method, various formulas proposed in the literature were compared. It is shown that the correlation coefficient alone is not sufficient to determine the goodness of the model. In modelling the data in this study, the NARX model was found to converge to the desired value faster and with less error than ANFIS and LSTM models. In the simulation of a rotary drum dryer, the optimum number of mesh elements was determined as 1137 by mesh independence analysis. In this way, unnecessary over-calculations were also prevented. Of course, all these methods are already available in statistical science. However, in this study, the methods to be used for modelling and prediction purposes are carefully selected and explained with examples, especially for young researchers who are outside this field to gain speed and easy comprehension.

Keywords: Data processing, Regression, Pearson, Autocorrelation function, Partial autocorrelation function, Heteroscedasticity, Convergence, Validation

1. Giriş

Modelleme/tahmin yöntemleri, tüm bilimsel çalışmalarda olduğu gibi tarımsal alanda yapılan araştırmalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kurutma çalışmalarında bu yöntemlere sıkça başvurulmaktadır. Bu amaçla yıllardır kullanılan ve yaygın bir yöntem olan regresyonun (Çelen, 2016; Karacabey ve ark.,2020) günümüzde makine ve derin öğrenme yöntemleri ile birlikte daha hassas modeller üretilebildiği görülmüştür. Modelleme yöntemleri; *model esaslı* ve *veri esaslı* olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Tobon-Mejia et al., 2012; Amiroh et al., 2021). Model esaslı olan yöntemler, ilgili bilim alanındaki yasalara dayanmakta ve kesin çözüm vermektedirler. Ayrıca, model esaslı yöntemler, tahminleri artık (kalıntı) kullanarak yapmaktadırlar. Bununla birlikte, gerçek sistemlerin karmaşık doğası nedeniyle bu tür matematiksel modellerin oluşturulması nispeten zordur. Gerçek sistemlerin karmaşık yapısı kabuller ile basitleştirilse de ne kadar çok kabul yapılırsa sonuçlar üzerinde o kadar çok hata oluşabilmektedir. Veri esaslı yöntemler, sistemden elde edilen veri setinin istatistiksel özelliklerini öğrenerek tahmin gerçekleştirmektedir. Bu yöntemler genellikle karmaşık sistemlerin tanımlanması için tercih edilmektedir. Her iki yöntemin derinlemesine araştırılmaları, karşılaştırılmaları yapılmış ve veriye dayalı yöntemlerin daha avantajlı olduğu belirlenmiştir (Dash and Venkatasubramanian, 2000; Venkatasubramanian et al., 2023). Veriye dayalı yöntem ayrıca iki kategoriye ayrılmaktadır. Birincisi, sinir ağı ve bulanık mantık tarafından temsil edilen *yapay zekâ* yöntemidir. En sık kullanılan yapay zekâ yöntemleri; nonlineer otomatik gerilemeli harici girişli model (NARX), çok katmanlı algılayıcı (MLP), uzun kısa süreli bellek (LSTM) ve uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) modellerdir. Son yıllarda hibrit modeller de incelenmektedir. Bununla birlikte daha pek çok yapay zekâ yöntemi bulunmaktadır. Veriye dayalı ikinci yöntem ise *istatistiksel öğrenme* yöntemleridir (Dong et al., 2020). *Mevcut veriyi* temsil etmek için ARIMA, SARIMA, SARIMAX, Poisson otomatik gerileyen, doğrusal vb. gibi uygun bir regresyon modelleri kullanılmaktadır. Mevcut *verinin dışındaki* noktaların tahmininde ise destek vektör makinesi (SVM), gizli Markov modeli (HMM) vb yöntemler kullanılmaktadır.

Her ne kadar yapay zekâ yöntemleri, veri setine bir ön işlem yapmayı gerektirmese de kullanıcının, verinin doğasını anlaması, uygun makine öğrenme parametrelerini seçebilmesi ile elde edilen modelin doğrulanmasında kolaylık sağlamaktadır. Yöntemlerin esası istatistik bilimi olmakla birlikte, uzmanlık alanı daha farklı disiplinler olan araştırmacıların, böylesi genel yöntemleri kendi alanında uygulayabilmesi için, tüm istatistik bilimini öğrenmek yerine, hızlı bir başlangıç olarak ilgili yöntemleri kavraması, alan dışı araştırmacılara çok büyük zaman kazancı sağlayacaktır. Çalışmanın ikinci bölümünde, yöntemlerde kullanılmak üzere zaman serisi hâlinde deneysel veri toplanması, belirsizlik analizi, hata kriterleri, korelasyon matrisi, model randıman değerlendirme, zaman gecikmesi tayini, gizli katman ve nöron sayılarının tespiti için kullanılan usul ve yöntemler verilmiştir. Üçüncü bölümde bir modele varyans, regresyon, hata yakınsama analizi yapılması ve model doğrulama yöntemleri verilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise çalışma sonunda elde edilen temel çıkarımlar sunulmuştur.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada kullanılan veriyi toplamak üzere *Şekil 1*'de verilen deney düzeneği kullanılmıştır. Isı aktarımı, fırın içerisindeki fan kullanılmadığında, doğal konveksiyon ile veya fan kullanılarak zorlanmış konveksiyon yollarıyla gerçekleşebilmektedir. Fırın, nem, sıcaklık, güç, kütle ve süre ölçüm sensörleri ile donatılmıştır. Kurutma işleminde leonardit organik maddeli organomineral toprak düzenleyici ticari gold sülfür gübresi kullanılmıştır (Agrotime, 2023). Ürün 70 °C'de kurutulmuştur. Kurutma süresince 35741 adet veri toplanmıştır. Bu deneysel işlem neticesinde hesaplanan nem oranı, difüzyon katsayısı değerleri kullanılarak döner tamburlu bir fırındaki kurutma işleminin simülasyonları yapılmıştır (Kacar ve Korkmaz, 2021).

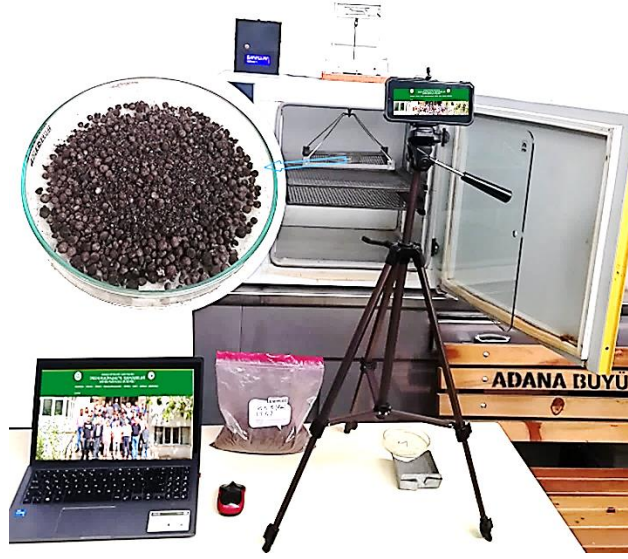


Figure 1. Drying experiment setup

Şekil 1. Kurutma deney düzeneği

2.1. Belirsizlik Analizi

Deneyisel çalışmalarda kullanılan ölçüm aletlerinin, sensörlerin belirli ölçüm aralıkları ve çözünürlükleri mevcuttur. Ölçüm aletlerinin hassasiyetlerindeki kabalıklar, sonuç üzerinde ufak da olsa belirli bir hataya sebep olmaktadır. Bu hata miktarını görebilmek için belirsizlik analizi yapılmaktadır. Deneyisel belirsizlik analizi Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmaktadır (Khanlari et al., 2020).

$$U_R = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x_1} U_1\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial x_2} U_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial M}{\partial x_n} U_n\right)^2} \quad (\text{Eş. 1})$$

Burada U_R toplam belirsizliktir. M , ölçülen boyuttur (nem kütlesi). x_n (zaman, sıcaklık), ölçülen bu boyutları etkileyen n adet bağımsız değişkenden oluşan bir kümedir. U_n , bağımsız değişkenleri ölçmek için kullanılan her bir cihazın kendi ölçüm hatasıdır. Ölçüm cihazlarının hata aralıkları ve hesaplanan belirsizlikleri *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Kurutma sırasında parametre ölçümlerindeki hatalar ve hesaplanan belirsizlikler

Table 1. Errors in parameter measurements and calculated uncertainties during the drying process

Ölçüm Cihazları	Birim	Hata
Fırın sıcaklığı	°C	±0.19
Kronometre	sn	±0.1E-9
Terazi	gr	±0.18
Belirsizlik	Birim	Değer
Sıcaklık ölçümündeki	%	±0.0027
Zaman ölçümündeki	%	±3.3E-11
Kütle ölçümündeki	%	±0.017

2.2. Korelasyon Matrisi

Korelasyon matrisi, iki veya daha fazla değişkenin birbirleri ile karşılıklı olarak ne kadar güçlü ve ne yönde lineer ilişkili olduğunu gösteren istatistiksel bir araçtır. Ön araştırma için pratik bir yoldur. En sık kullanılanları, Spearman ve Pearson korelasyon matrisleridir. Bu matrise bakarak, ilgisiz parametrelerin, daha baştan hesaplamaya dışı bırakılması mümkündür. Her ne kadar günümüzde kullanılan bilgisayarlar ile hızlı hesaplamalar yapılabiliyor olsa da bütün parametrelerin hesaplamada kullanılması çözümü uzatmakta ve daha da önemlisi yakınsama problemlerine neden olabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, daha az parametre ile hesaplama yapılması;

bilgisayar kaynak gereksinimi ve hesaplama sürelerini (maliyet) azaltacaktır. Ayrıca ilgisiz verinin hesaplama dışı bırakılması sayesinde hesaplamada olası bir saptırma etkisinin önüne de geçilebilecektir. *Tablo 2*'de Pearson korelasyon matrisi verilmiştir. Matristeki değerler -1 ve 1 aralığındadır. 1 değeri çok kuvvetli doğrusal ilişkiye işaret ederken -1 değeri ise çok kuvvetli ters ilişkiye işaret etmektedir. 0 ise ilişki olmadığı anlamına gelmektedir. Matrise bakılarak ısıtma hızının kütle ile yüksek doğrusal ilişkili ($R = 0.66$) olduğu, fan hızıyla ters doğrusal ilişkili ($R = -0.23$) olduğu, nem ile ilişkisiz olduğu ($R = 0.05$) sonucu çıkartılabilmektedir. Diğer parametreler için de benzer tarzda çıkarımlar yapabilmek mümkündür.

Tablo 2. Pearson korelasyon matrisi

Table 2. Pearson correlation matrix

Parametreler	Sıcaklık	Kütle	Nem	Fan hızı	Isıtma gücü	Süre	Salınım	Isıtma hızı	Soğutma hızı	Rotasyon	Bekletme
Sıcaklık	1.00	-0.01	0.06	0.01	0.00	-0.09	-0.14	-0.70	-0.47	-0.91	-0.91
Kütle	-0.01	1.00	-0.02	0.02	-0.02	-0.17	0.02	0.66	0.59	0.05	0.05
Nem	0.06	-0.02	1.00	0.02	0.02	0.04	0.01	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05
Fan hızı	0.01	0.02	0.02	1.00	-0.05	0.09	0.07	-0.23	-0.65	-0.01	-0.01
Isıtma gücü	0.00	-0.02	0.02	-0.05	1.00	-0.08	-0.04	-0.01	0.01	0.01	0.01
Süre	-0.09	-0.17	0.04	0.09	-0.08	1.00	0.26	-0.07	-0.13	0.04	0.04
Salınım	-0.14	0.02	0.01	0.07	-0.04	0.26	1.00	0.11	0.03	0.07	0.07
Isıtma hızı	-0.70	0.66	-0.05	-0.23	-0.01	-0.07	0.11	1.00	0.88	0.63	0.63
Soğutma hızı	-0.47	0.59	-0.04	-0.65	0.01	-0.13	0.03	0.88	1.00	0.45	0.46
Rotasyon	-0.91	0.05	-0.05	-0.01	0.01	0.04	0.07	0.63	0.45	1.00	1.00
Bekletme	-0.91	0.05	-0.05	-0.01	0.01	0.04	0.07	0.63	0.46	1.00	1.00

1	0.94	0.82	0.7	0.58	-0.56	-0.8	-0.86	-0.92	-0.98	-1
---	------	------	-----	------	-------	------	-------	-------	-------	----

2.3. Modellerin Randımanlarının Ölçülmesi

Modellerin verimliliğini (başarısını) değerlendirmenin en iyi yolu, veri seti ile modelin tahmin değerleri arasındaki farkı karşılaştırmaktır. Böylesi bir karşılaştırma için *hata analizi* yapmak yaygın bir yöntemdir. Eşitlik (2)'de sık kullanılan hata fonksiyonları verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |p(t) - o(t)|^2 \quad (\text{Eş. 2.a})$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (\text{Eş. 2.b})$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |p(t) - o(t)| \quad (\text{Eş. 2.c})$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{p(t) - o(t)}{o(t)} \right| \quad (\text{Eş. 2.d})$$

$$R = \sum_{t=1}^N \left([p(t) - \bar{p}][o(t) - \bar{o}] * \left[\sqrt{\sum_{t=1}^N [(p(t) - \bar{p})^2]} * \sqrt{\sum_{t=1}^N [(o(t) - \bar{o})^2]} \right]^{-1} \right) \quad (\text{Eş. 2.e})$$

$$Hata = p(t) - o(t) \quad (\text{Eş. 2.f})$$

$$Oransal Sapma (\%) = 100 * [o(t) - p(t)] * o(t)^{-1} \quad (\text{Eş. 2.g})$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\sum_{t=1}^N [p(t) - \bar{p}]^2 * N^{-1}\right)} \quad (\text{Eş. 2.h})$$

Burada $o(t)$ eldeki veri kümesindeki değerler olup $p(t)$ ise bunların modeller tarafından tahmin edilen karşılıklarıdır. \bar{p} , modelden elde edilen değerlerin ortalaması \bar{o} , deneysel verilerin ortalaması, t değeri zaman adımı, σ ise standart sapma olup verilerin ortalamasına göre yayılımının (sapmanın) istatistiksel bir ölçüsüdür. R ve R^2 sırası ile korelasyon ve determinant katsayılarıdır. MSE; hata karelerinin ortalaması olup birimi, incelenen veri biriminin karesidir. RMSE ise MSE' nin kareköküdür. MAE; mutlak hatanın ortalamasıdır. RMSE ve MAE incelenen veri ile aynı birimdedir. MAPE mutlak hata ortalamasının yüzde değeri olup yüzde birimindedir.

Genel bir kural olarak; 1'e en yakın R (veya R^2) değeri ve sıfıra yakın MSE, RMSE, MAPE, MAE değerleri hedeflenmektedir. Bu değerlerinin sıfıra yakın olması, tahmindeki ortalama hatanın azlığını göstermektedir. R için 0.01-0.29 arasındaki değerler düşük düzeyde ilişki, 0.3-0.7 arasında orta düzeyde ilişki, 0.71-0.99 değeri yüksek düzeyde ilişki anlamına gelmektedir. Negatif değerler, ters bir ilişki anlamına gelmektedir (Köklü ve ark., 2006).

2.4. Zaman serilerinde zaman gecikmesinin tayini

Belli zaman adımlarında toplanan veriye *zaman serisi* (ARIMA, SARIMA, NARX, LSTM vb.) denmektedir. Günlük hava sıcaklıkları, saniyelik kütle ölçümleri vb. örnek olarak verilebilir. Bir veriyi modellemek için hem istatistiksel hem de yapay zekâ yöntemleri mevcuttur. Ancak bu yöntemlerde gecikme değerinin baştan bilinmesi gerekmektedir. Eğer zaman serisinin tahmin ve modellemesinde terim değerlerinin, kendisinin önceki değerlerine olan bağımlılığı ölçülecekse *otokorelasyon* (OKF) ve *kısmi otokorelasyon fonksiyonları* (KOKF), farklı serilerin gecikmelerinden, birbirlerine olan bağımlılığı ölçülecekse *çapraz korelasyon* (ÇK) fonksiyonları kullanılmaktadır. Bunlar bir sürecin rastgeleliğini ve veri düzensizliğini değerlendirmek için iyi birer kriterdir. Sinyal işleme yöntemi de, biçim belirlemek için güçlü bir araçtır. OKF ve KOKF grafiklerini birlikte değerlendirmek daha anlamlıdır. Grafikler dikey eksenin tek tarafında çizdirilebileceği gibi sağ-sol iki tarafında da çizdirilebilmektedir. Bu grafiklere *korelogram* da denmektedir. ÇK korelasyonu Eşitlik (3) ile hesaplanmaktadır. Korelogramlar, R' den farklı olup 1 veya -1 aralığının dışında da değer alabilmektedirler.

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) * y(t + \tau) * dt \quad (\text{Eş. 3})$$

Burada x ve y fonksiyonları, t anındaki zaman serisi hâlindeki veri kümeleridir. τ negatif, sıfır veya pozitif olabilen *zaman gecikmesidir*. $R(\tau)$ ise τ zaman gecikmesinin bir fonksiyonu olan çapraz korelasyondur. x serisi, y serisine eşit olduğunda çapraz korelasyon, otokorelasyon hâline gelmektedir. Periyodik bir sinyal, OKF'da periyodik ve gittikçe azalan davranış göstermektedir.

- Eğer OKF'de azalma ve aynı zamanda KOKF'de ani kesilme varsa bu tür serilerin *otomatik gerileyen* (AR) türünde olduğu anlaşılmalıdır (*Şekil 2-a*). Bu durumda KOKF'deki kesilme sayısı, *gecikmeyi* verecektir.
- Eğer OKF'de ani kesilme ve aynı zamanda KOKF'de azalma varsa bu tür serilerin *hareketli ortalama* (MA) türünde olduğu anlaşılmalıdır (*Şekil 2-b*). Bu durumda OKF'deki kesilme sayısı *gecikmeyi* verecektir.
- Eğer OKF, sadece sıfır gecikme değerinde bir adet pik yapmış ancak geri kalanında beyaz gürültü olarak adlandırılan sıfıra yakın seviyede ise, seriler birbirlerine hiçbir gecikme değerinde bağlı değil, korelasyonsuzdur ve rastgele olarak ifade edilir. Sıfır gecikmedeki pikin varlığı, olması gereken sonuçtur. Böylelikle seriler tam üst üste çakışarak (sıfır gecikme) birbiri ile aynı olmaktadır (*Şekil 2-c*). Eğer iki farklı serinin ÇK grafiğinde hiçbir pik yok ve sadece beyaz gürültü varsa seriler birbirlerine hiçbir gecikme değerinde bağlı değildir ve korelasyonsuzdur. Sıfır gecikmede bile birbirinden farklıdır (*Şekil 2-d*).

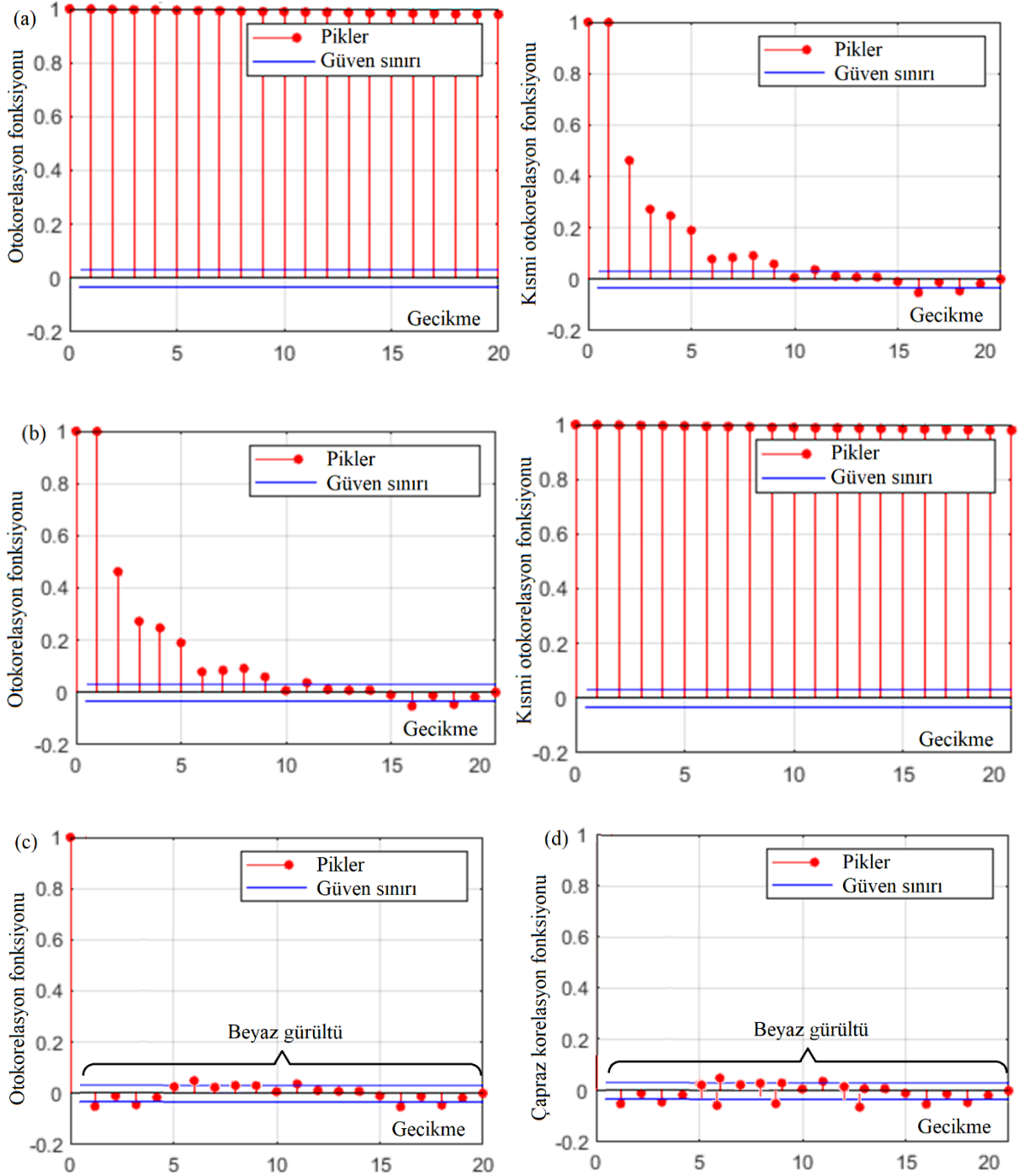


Figure 2. (a) ACF-PACF pattern in AR series (b) ACF-PACF pattern in MA series (c) an ACF pattern without delay, (d) an CC pattern without delay

Şekil 2. (a) AR serilerindeki OKF-KOKF deseni (b) MA serilerindeki OKF-KOKF deseni (c) gecikmesi olmayan bir OKF deseni, (d) gecikmesi olmayan bir ÇK deseni

Kurutma deneyinden elde edilen serinin korelogramları Şekil 2-a, b ile verilmiş olup buna göre veri rastgele değildir. Şekil 2-a'da OKF giderek azalmaktadır. OKF katsayıları sıfırdan önemli ölçüde farklıdır ve yavaş da olsa sıfıra doğru düşmektedir. KOKF'nin 5. gecikmeden sonra kesildiği görülmektedir. Beşten sonrası sıfıra yakındır ve bu nedenle *beyaz gürültü* olarak adlandırılmaktadır. Beyaz gürültü, bu çalışmada, \pm iki standart sapma ($\pm 2\sigma$) kadarlık oluşturulan *güven sınırlarının* hemen hemen içinde kalmaktadır. $\pm 2\sigma$ aralığı, %95.4 *güven seviyesine* denk gelmektedir.

$\pm 2\sigma$ ile gösterilen mavi renkli alt üst sınır çizgilerinin arasında kalan değerler, tüm değerlerin %95.4'lük kısmıdır (Datatab, 2024; The Data Scientist, 2024). Yani tüm verinin %95.4'ü, beyaz gürtlüdür. Bu durum ilk 5 gecikmenin, birbirleri ile yüksek ilişkili ve sonraki ardışık değerlerin ise ilişkili olmadığı anlamına gelmektedir. Bu davranış, serinin ilk beş gecikmeye bağlı ve otomatik gerileyen bir seri AR(5) olduğunu göstermektedir. Şekil 2-b'de ise KOKF giderek azalmakta ve OKF beşinci gecikmeden sonra kesilmektedir. Bu nedenle bu seri MA(5) türündedir. Şekil 2-c örnek olması açısından verilmiş olup verilerin rastgele olduğu iki aynı seriyi, Şekil 2-d ise verilerin rastgele olduğu iki farklı seri hâlini göstermektedir.

2.5. Gizli Katman ve Nöron Sayılarının Tespiti

Makine öğrenme yöntemlerinde giriş-çıkış oluşturmak üzere ağ modeli kullanılmaktadır. Ağ oluşturulurken; katman sayısı, katmanlardaki nöron sayısı, öğrenme hızı, momentum, aktivasyon fonksiyonu, eğitim algoritması, bias, iterasyon sayısı, ağırlıkların uygun seçilmesi önem arz etmektedir. Gizli katmanlarda çok az nöron kullanılması, *yetersiz uydurma* olarak adlandırılan bir duruma neden olurken, çok fazla nöron olması *aşırı uydurma* ile sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle en uygun ağ parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Maalesef, henüz her türlü ağ için kullanışlı olacak tek bir formül mevcut değildir. Veri seti ve model ile hesaplanan değerler arasındaki korelasyonun en yüksek veya değerler arasındaki farkın (hatanın) en düşük olacağı ağın, deneme-yanılma yoluyla tespit edildiği görülmektedir (Amini et al., 2021; Beigi and Toriki, 2021). Fakat deneme-yanılma metodu uzun zaman almakta, zaman, enerji ve hesaplama maliyeti randımanı açısından yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bir YSA, eğitimi esnasında gerçekleştirilen iterasyonların gereğinden az veya fazla olması da (Öğündür, 2019) ağ hatası oluşturabilmektedir (Erenturk and Erenturk, 2007). YSA eğitimi için kullanılan pek çok algoritma arasında Levenberg-Marquardt algoritması, hız ve kararlılık sağladığı için çokça tercih edilmektedir (Kacar ve Korkmaz, 2022a).

Gizli katmanların sayısı problemin karmaşıklığına bağlıdır. Sinir ağlarındaki daha fazla sayıda gizli katman, daha karmaşık özellikleri temsil etmektedir (Rachmatullah et al., 2020). Sıfır gizli katman, doğrusal ayrılabilir fonksiyonlarda veya kararlarda iyidir. Bir adet gizli katman, bir sonlu uzaydan diğerine sürekli bir eşleme içeren herhangi bir fonksiyon için iyiye, iki gizli katman, rasyonel aktivasyon fonksiyonları sayesinde keyfi bir karar sınırını keyfi doğrulukla temsil edebilmede iyidir. Herhangi bir düzgün eşlemeyi herhangi bir doğrulukla yapabilmektedir (Heaton, 2008).

Gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesinde ise farklı öneriler mevcuttur. Önerilerin esası da deneme-yanılma yoluyla ortaya çıkan belirli formüllerdir. Bunlardan biri Eşitlik (4)'te verilmiştir. Aşırı uydurmayı önlemek için gizli katmandaki nöron sayısı bu eşitlik kullanılarak hesaplanan N_h değerinin altında olmalıdır (Heaton, 2008).

$$N_h \leq N_s * (\alpha * (N_i + N_o))^{-1} \quad (\text{Eş. 4})$$

Burada N_i giriş nöronlarının sayısıdır, N_o çıkış nöronlarının sayısı, N_s eğitim veri setindeki örnek sayısıdır. α , keyfi bir ölçeklendirme çarpanı olup genellikle 2-10 arasında alınmaktadır. Bu çalışmada $N_s = 35741$ ve $N_i = 11$ (sıcaklık, kütle, nem, fan hızı, ısıtma gücü, süre, salınım, ısıtma hızı, soğutma hızı, rotasyon, bekletme), $N_o = 1$ (nem) ve $\alpha = 10$ olup bu durumda gizli katmandaki nöron sayısı $N_h \leq 298$ olmalıdır. İlave olarak gizli katman(lar)daki nöron sayısı, giriş katmanı boyutu ile çıkış katmanı boyutu arasında olmalıdır. Yani $11 > N_h > 1$ olmalıdır. Bir başka yaklaşıma göre gizli katmandaki nöron sayısı, giriş katmanı boyutunun $2/3$ 'ü ile çıkış katmanı boyutunun $2/3$ 'ünün toplamı kadar olmalıdır. Yani $N_h = 8$ olmalıdır. Başka bir yaklaşıma göre gizli nöronların sayısı, giriş katmanı boyutunun iki katından az olmalıdır. Bu durumda $N_h \leq 22$ olmalıdır. Masters'a (1993) göre tek gizli katmanlı bir sinir ağı için gizli nöron sayısı $N_h = \sqrt{N_i * N_o}$ 'tür. Yukarıdaki örnek için $N_h \approx 4$ olacaktır. Bir örüntüye ve öznelik çıkarımına giderek daha fazla yaklaşmak ve hedef sınıfı belirlemek için sonraki katmanlarda gizli nöronların sayısı azalmaya devam etmelidir (Masters, 1993). Bir çalışmada, $N_h = N_i - 1$ ile bir gizli katman formülü kullanmıştır (Sheela and Deepa, 2013). Bu durumda $N_h = 10$ olmalıdır. Bir sinir ağı iki gizli katmana sahipse, birinci katmandaki nöron sayısı $N_{h1} = N_o * r^2$ ve ikinci katmandaki nöron sayısı,

$N_{h2} = N_o * r$ ile hesaplanmaktadır. Burada $r = \sqrt[3]{N_i * N_o^{-1}}$ olmaktadır (Rachmatullah et al., 2020). Bu formüle göre $N_{h1} = 3$ ve $N_{h2} = 3$ olmalıdır. Tamura ve Tateishi (1997) iki gizli katman kullanmış, karşılık gelen gizli katmanın nöron sayısını $N_h = 3 + N_i * 2^{-1}$ formülünü kullanarak hesaplanmışlardır (Heaton, 2008).

Bu formüle göre $N_{h1} = 9$ ve $N_{h2} = 8$ olmalıdır. Tüm bu formüller bir bütün hâlinde değerlendirildiğinde nöron sayısının 22'yi aşmaması ve 3'ten büyük olması gerektiği sonucu çıkmaktadır.

2.5. Normalizasyon

Alt ve üst limiti çok büyük değerlerde olan verilerin alt ve üst limitlerini -1 ve 1 veya 0 ve 1 aralığına getirmeye yarayan işlemlere *normalizasyon* denmektedir. Bu sayede verinin şeklinde, davranışında herhangi bir değişiklik olmadan standart bir aralık içerisine getirilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede normalize edilmiş diğer serilerle de kıyaslama imkânı elde edilmektedir. İlâveten, eğer normalize edilmiş veri, ilk hâline göre daha küçük olacağından dolayı hatalar da daha küçülecektir. Bu nedenle istatistiksel işlemde önce verilerin normalize edilmesine sıklıkla rastlanmaktadır. Farklı normalize metotları mevcut olup örneğin; min-max normalizasyon metodu ile veriler 0 ile 1 aralığına getirilmektedir.

2.6. Tanımlayıcı ve Çıkarımsal İstatistik

Tanımlayıcı istatistik, bir veri setinin özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bir istatistik türüdür. Bu amaçla, ortalama, mod, medyan, standart sapma, varyans, çarpıklık, aralık gibi pek çok araç kullanılmaktadır. *Çıkarımsal istatistik*, daha ufak bir örneklem grubu kullanarak büyük popülasyonlar hakkında çıkarımlar yapmaya yaramaktadır. Ülkedeki tüm nüfusun seçimlerde kime oy vereceğini, daha az sayıda insana uygulanan anketlerden elde edilen veri sayesinde tahmin etme işlemi bu türe örnek olarak verilebilmektedir. Bu amaçla regresyon analizleri, hipotez testleri, güven aralıkları gibi araçlar kullanılmaktadır.

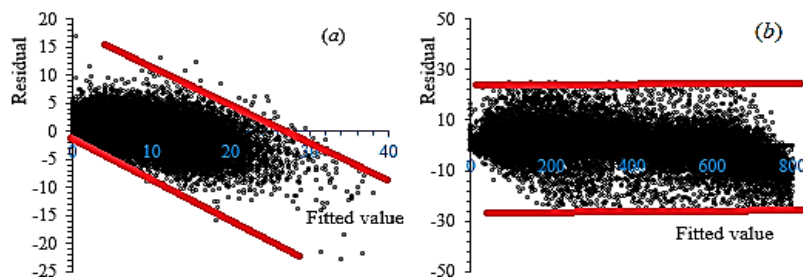
3. Sonuçlar ve Tartışma

Makine öğrenme yoluyla elde edilmiş olan bir modele varyans, regresyon ve hata yakınsama analizi yapılmalıdır. Hesaplamanın teyidi için işlemlerin doğrulanması ve sonuçların geçerliliklerinin ispatı gereklidir. Bunları yapabilmeyi sağlayan çeşitli metrikler ve araçlar mevcuttur. Bu bölümde bunlar izah edilmiştir.

3.1. Varyans

Model tahminine karşın hata grafiğine bakıldığında eğer değerler sabit bir varyansa sahip ise eş varyans (homoscedasticity) olduğu anlaşılabilir ve sifıra yakın rastgele dağılım gözlemlenmektedir. Heteroscedasticity ise değişken varyans olup tahmine karşın hata grafiklerinde dağılım sabit olmayıp koni biçiminde giderek artan veya giderek azalan şeklinde kendisini göstermektedir. Tanımları izah edebilmek üzere öncelikle *Şekil 3*'te bu tür grafikler verilmiş olup bu tür varyanslar gösterilmiştir. *Şekil 3-a* ve *b*'deki gibi iki paralel çizgi arasında kalan sabit ve rasgele dağılım, eş varyansa işaret etmektedir (Kacar ve Korkmaz, 2022a). *Şekil 3-c* ve *d*'deki gibi koni şekilli dağılımlar ise değişken varyans olup giderilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte ham dataya uygulanan Engle's ARCH testi de varyans hakkında bilgi veren bir başka yöntemdir. Ancak ham verilerin değişken varyans içermesi pek muhtemeldir. Bu değişim eğer hata değil ise verinin doğal davranışının bir sonucu da olabilecektir. Ancak bu değişim regresyonlarda eğri uydurmayı zorlaştırdığı için herhangi bir regresyondan önce araştırmacılar, deneysel ham verilerdeki tepe ve çukurları ortadan kaldırmak, veri eğrisini yumuşatmak için sıklıkla bazı ön işlemler uygulamaktadırlar (HosseinTabari et al., 2012; Shen et al., 2020; Taheri et al., 2021). Ancak hangi şiddette uygulanırsa uygulansın, bu şekilde bir ön işlem, verinin doğallığını azaltmakta, olayı temsil yeteneğini düşürmektedir.



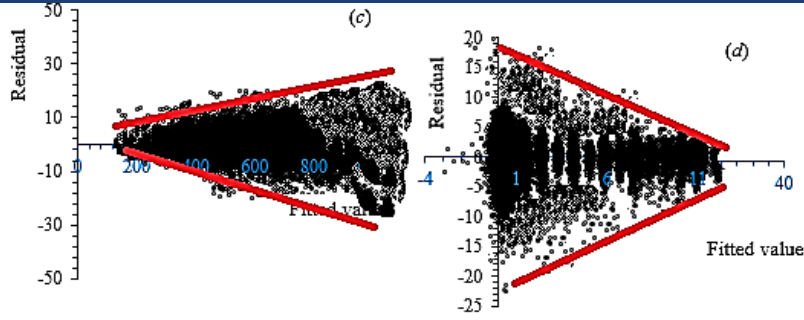


Figure 3. Error values versus the model's forecast; (a) constant, (b) constant, (c) variable, (d) variable variance (Kacar ve Korkmaz, 2022a, 2022b)

Şekil 3. Modelin tahminlerine karşın hata değerleri; (a) sabit, (b) sabit, (c) değişken, (d) değişken varyans (Kacar ve Korkmaz, 2022a, 2022b)

Şekil 4'te ticari gold sülfür gübresinin kurutulması deneyinden elde edilmiş veri gösterilmiştir. Verinin doğallığını bozmadan değişken varyansı gidermek için uygulanan bir strateji; ham veriye logaritma, karekök ve küp kök gibi bazı ön işlemler uygulamaktır. Bu işlemleri yapmadaki temel fikir şudur: Bu fonksiyonlar mevcut veriyi küçülttüğünden dolayı, hatanın da daha küçük olması sağlanmaktadır. Model tahmin yaptıktan sonra da bulunan sonuca, bu işlemlerin tersi uygulanarak mevcut boyuta geri getirilmesi sağlanabilmektedir. Dolayısıyla, bu işlemler veriyi bozmamaktadır.

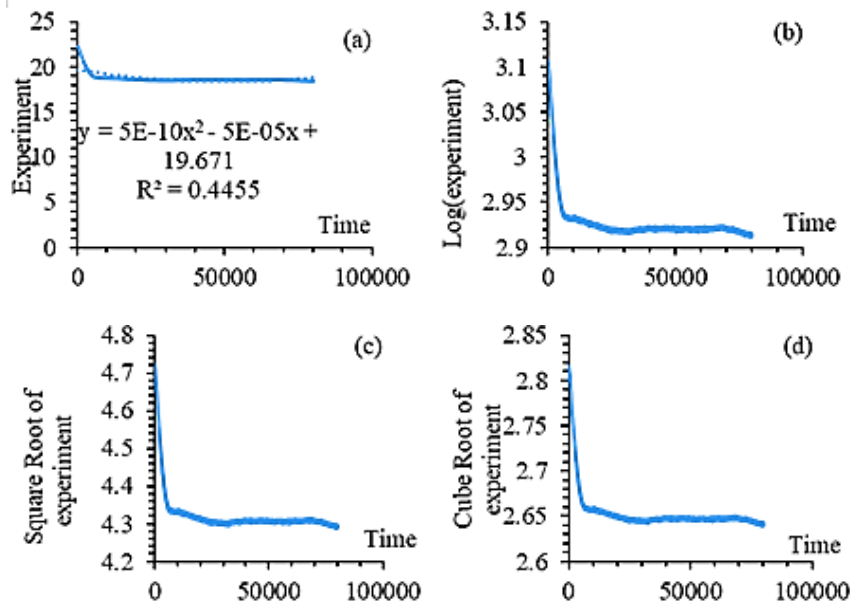


Figure 4. For gold sulfur (a) Experimental data, (b) logarithm of experimental data, (c) square root of experimental data, (d) cube root of experimental data

Şekil 4. Gold sülfür gübresine ait (a) Deneysel veriler, (b) deneysel verilerin logaritması, (c) deneysel verilerin karekökü, (d) deneysel verilerin küp kökü

Varyansı göstermenin bir yolu da modelden elde edilen tahmin değeri ile karşılık gelen hatayı grafik olarak çizmektir. Önceki şekildeki (Şekil 4) gösterilen logaritma, karekök ve küpkök işlemlerinin sonucunda elde edilen modellerin, tahminleri esnasında oluşan varyans Şekil 5'te verilmiştir. Şekillerden görülebileceği gibi her ne kadar dağılımın şekli değişmemişse de hem hata hem de varyans bu işlemler sayesinde azaltılmıştır.

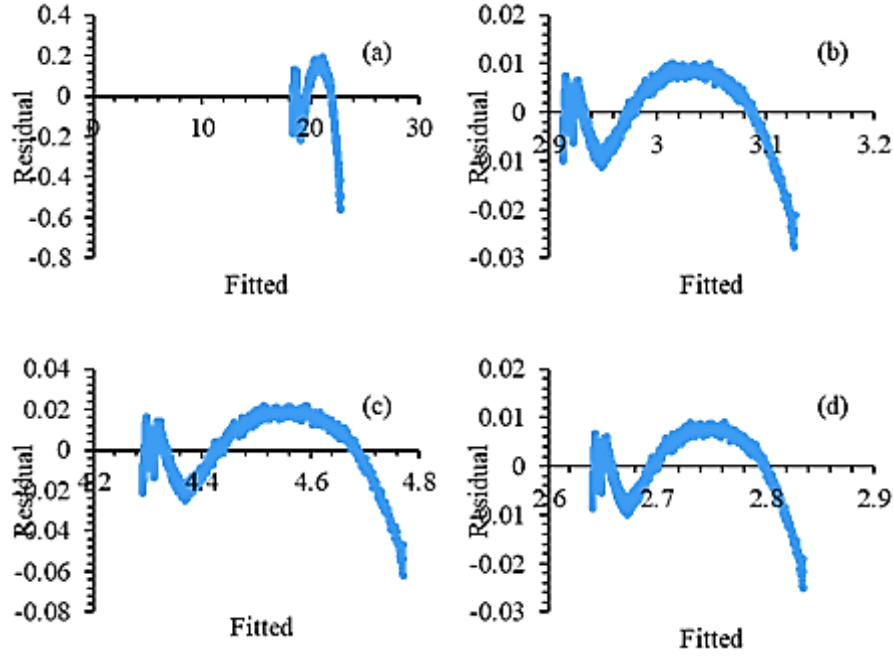


Figure 5. (a) The variance in the experimental data for gold sulfur, (b) the variance over the logarithm of the experimental data, (c) the variance over the square root of the experimental data, (d) the variance in the cubic root of the experimental data

Şekil 5. (a) Gold sülfür gübresine ait deneysel verilerdeki varyans, (b) deneysel verilerin logaritması üzerindeki varyans, (c) deneysel verilerin karekökü üzerindeki varyans, (d) deneysel verilerin kübik kökündeki varyans

3.2. Regresyon Analizi

Modeller için iyilik belirleme araçlarından biridir. Regresyon tıpkı interpolasyon gibi bir eğri uydurma yöntemidir. Kacar and Korkmaz (2022b)'ın kurutma modellemesinde kullandığı ağlardan elde edilen tahminler ve ham veri üzerine yapılan bir regresyon analizi Şekil 6-a'da verilmiştir. Bir ekseninde veri setindeki değerler diğer ekseninde de modelin tahmin ettiği değerler bulunmaktadır. Arzu edilen (idealde olması beklenen) durum *Model tahmini = Ham veri* olmasıdır. Bu durumda $R = 1$ olacaktır ve tüm noktalar tam olarak aynı doğrultu üzerinde olacaktır.

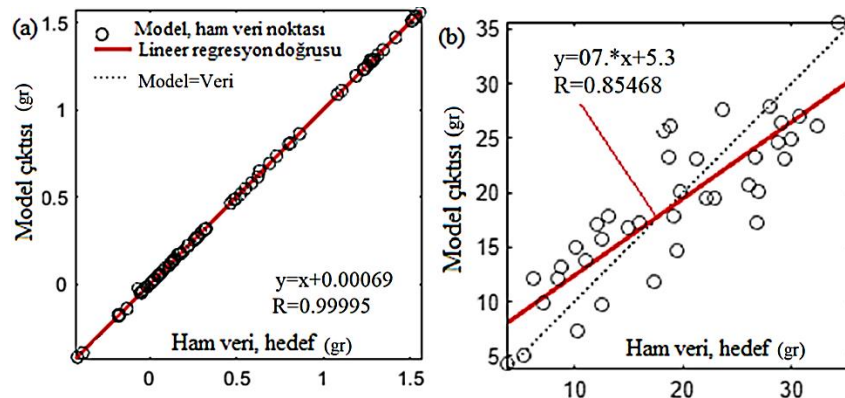


Figure 6. Comparison of model forecast and raw data; (a) $R=0.99994$, (b) $R=0.845555$

Şekil 6. Model tahminleri ile ham verinin kıyaslanması; (a) $R=0.99994$, (b) $R=0.845555$

Hâlbuki gerçekte, model tahminleri, ham veriye çok yakın olmakla birlikte aralarında belli bir ufak fark olabileceği için 45° doğrusunun etrafında ufak saçılmalar gözlemlenebilecektir.

Şekil 6-a'ya bakıldığında lineer regresyon doğrusunun neredeyse 45° doğrusunun tam üzerinde olduğu görülmektedir. Ancak gözle bir karar vermek yerine bu uyumun bir göstergesi olarak *korelasyon katsayısını* kullanmak çok daha güvenilirdir. Şekil 6-a'da $R = 0.99995$ ve (b) ile de $R = 0.845555$ olan iki ayrı model gösterilmiştir. (a)'daki modelin tahmin yeteneği çok iyidir. Lineer regresyon fonksiyonu ile model fonksiyonu birbirleri ile karıştırılmamalıdır! Model fonksiyonları genellikle çok terimli nonlineer fonksiyonlardır. Lineer regresyon fonksiyonu ise modelin tahmini ile karşılık gelen veri arasındaki lineer eğri uydurmazdır.

Ancak R veya R^2 değerleri bir karar vermek için tek başına kesinlikle yeterli değildir! Zira Tablo 3'te verilen değerlerin regresyon doğrusu Şekil 7'de verilmiş olup tablodan görüleceği üzere ham veri ve model tahminleri arasında çok büyük fark mevcut olmasına rağmen Şekil 7'deki regresyon grafiğinden görüleceği üzere $R^2 = 1$ çıkmaktadır! Sadece regresyon grafiğine bakılarak yorum yapılırsa, sanki ham veri ile tahmin değerleri birbirlerine eşitlermiş gibi bir yanlış algı oluşabilmektedir. Bu duruma karşı başka hata ölçütlerini de değerlendirmek önerilmektedir.

Tablo 3. Bir örnek veri seti ve model tahmini

Table 3. An example dataset and model prediction

Ham veri	Tahmin
-3	-6
-2	-4
-1	-2
0	0
1	2
2	4
3	6

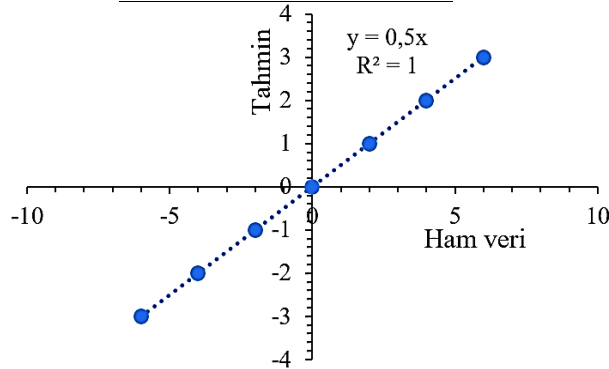


Figure 7. Graph of a regression applied to the data given in Table 3 (Saplıoğlu Akademi, 2020)

Şekil 7. Tablo 3'te verilen veriye uygulanmış bir regresyona ait grafik (Saplıoğlu Academy, 2020)

Modellerin iki boyutlu grafiklerine *doğru*, *eğri*, üç boyutlu grafiklerine ise *yüzey* denmektedir. Gerek doğrular, eğriler olsun gerekse de yüzeyler olsun *ani tepe veya çukurluklar* modeldeki veya hesaplamadaki bir hataya işaret edebilmektedir. Eğer bu durum beklenen bir davranış ise bu davranışın nedeni o şeklin açıklandığı metin içerisinde muhakkak izah edilmelidir. Aksi hâlde hata olarak düşünülebilecektir. Böyle bir eğri ve yüzey Şekil 8'de örnek olarak verilmiştir. Eğrideki veya yüzeydeki beklenmedik, açıklanamayan, doğal olmayan tepe ve çukurlar modelin güvenilirliğini azaltmaktadır.

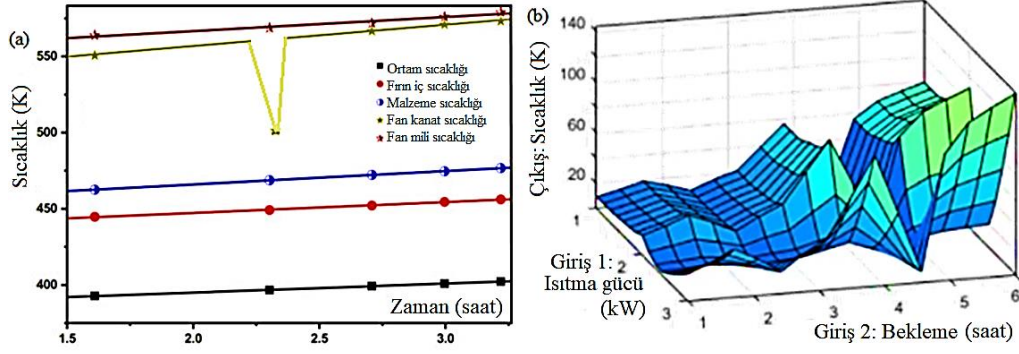


Figure 8. Model; (a) curve, (b) surface

Şekil 8. Model; (a) eğrisi, (b) yüzeyi

Bununla birlikte kurutma deneyi ile elde edilen ham verilerin zamana göre değişiminin grafiği detaylı olarak incelendiğinde, pek çok tepe ve çukurların var olduğu görülmektedir. Sebebi ise kapalı bir fırın içerisinde, kimyasal içeriğe sahip olan gübre tanelerinden sıcak havaya ve havadan gübre tanelerine olan kütle geçişleridir. Difüzyon olarak adlandırılan bu olay bu gibi malzemelerin kurutulmasında görülebilen bazı termo-kimyasal reaksiyonların neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle beklenen bir davranış olup kurutma işleminin doğal bir sonucudur (Şekil 9). Bu nedenle kullanılacak modelin, genel veri eğrisini yakalayabilmesinin yanı sıra eğrideki tepe ve çukurları da yakalayabilmesi, bu modelin ayırt edici özelliklerinden birisidir.

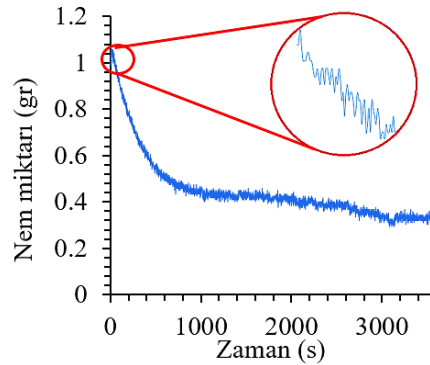


Figure 9. An example of the drying curves

Şekil 9. Kuruma eğrilerine bir örnek

3.3. Hata Yakınsama

Regresyon, makine ve derin öğrenme yöntemleri, simülasyonlar teknik itibarıyla iteratif olarak gerçekleştirilen matematiksel işlemlerdir. İterasyonların amacı, her seferinde istenen değere yaklaşmak, yani hata farkını istenilen değere kadar azaltabilmektir. Bu amaçla *yakınsama* eğrileri olarak adlandırılan grafikler kullanılmaktadır. Yakınsama kelimesi ile kastedilen aslında hatanın sifıra yakınsamasıdır. Hedeflenen ise iterasyonlar sonunda hatanın sifıra tam olarak eşitlenmiş olmasıdır. Ancak sayısal yöntemlerin doğasında yuvarlama hatası, kesme hatası, bilgisayar kaynaklı hatalar başta olmak üzere çeşitli hatalar mevcut olup bunların birikmesi nedeni ile tam değere ulaşmak yerine, iyi bir farkla yaklaşmak mümkündür. Bunun takibi için *hata yakınsama eğrileri* (*kalıntı*, *artık*) kullanılmaktadır. Eğer gittikçe sifıra yaklaşan ve umulmadık yükselişler yapmayan (yani stabil) bir eğri mevcutsa, iterasyonların sonuçlarına güvenileceği anlamı çıkartılabilecektir. Şekil 10'da üç adet hata yakınsama eğrisi verilmiştir. Dikey eksen logaritmiktir. RMSE hatası takip edilmiştir. Bütün modellerin stabilitesini koruduğu söylenebilmektedir. Ancak NARX modelinin, ANFIS ve LSTM'ye göre sifıra daha hızlı yaklaştığı için daha hatasız model olduğu söylenecektir.

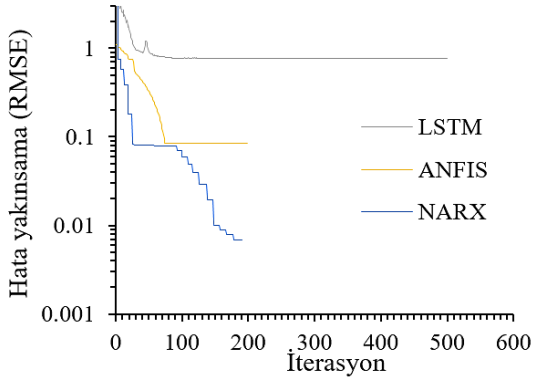


Figure 10. Error convergence curves

Şekil 10. Hata yakınsama eğrileri

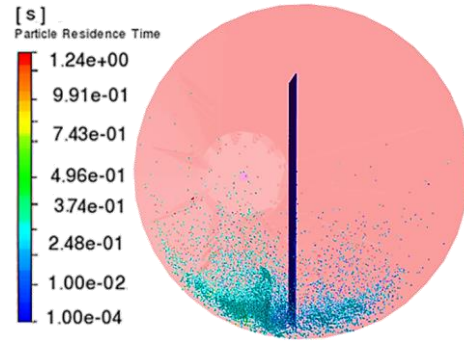


Figure 11. Coupled simulation of the discrete element method and computational fluid mechanics for the fertilizer drying process in a rotary drum dryer

Şekil 11. Döner tamburlu kurutucuda gübre kurutulması sürecinin hesaplamalı akışkanlar mekaniği ile ayrık eleman metodunun birleşik simülasyonu

Şekil 11' de döner tamburlu kurutucuda gübre kurutulması sürecinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ayrık eleman metodlarının birleşik simülasyonuna ait bir ekran görüntüsü verilmiştir (Kacar ve Korkmaz, 2021). Şekil 12' de ise bu simülasyon esnasında kaydedilmiş olan hata yakınsama (kalıntı, artık) eğrileri verilmiştir. Ancak bunlar, yakınsamadan emin olmak için tek başlarına yeterli değildir. Monitör oluşturmak, akış yolunu izlemek de gereklidir. Analiz sonunda hız, basınç, sıcaklık, nem, debi vs. gibi değerler elde edilmektedir. Fakat bu değerleri analiz esnasında eş zamanlı olarak takip edebilmek için daha analize başlamadan önce bunların bulunduğu monitör olarak adlandırılan pencerelerin oluşturulması gerekmektedir. Dinamik analizlerde her bir zaman adımında eğrilerin periyodik olması beklenen bir durumdur. Bu durum yakınsamada sıkıntı teşkil etmemekle birlikte her bir zaman adımının içerisinde eğrideki değişim ise düz (zikzaksız) ve kararlı olması gereklidir.

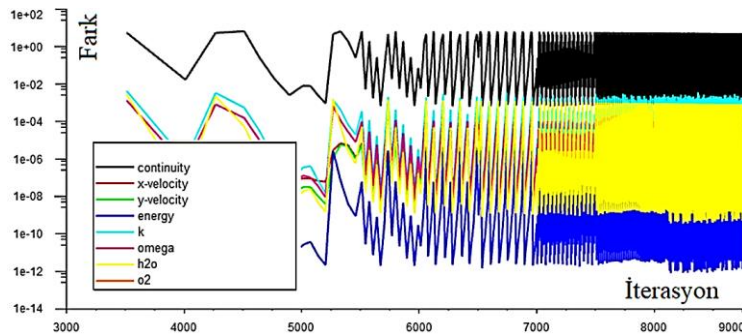


Figure 12. Error convergence(residual) curves of equations during the transient calculation steps

Şekil 12. Transient hesaplama adımları esnasında denklemlerin sifıra yakınsama (artık) grafikleri

Bu grafik sayesinde, hesaplama esnasında süreklilik, hız, türbülans, enerji, kütle transferi vs. denklemlerinin sonuçları takip edilerek her denklemin sonucunun sifıra ne denli yakın olduğu görülebilmektedir. Her bir denklemin sifıra eşit olması gerektiği için, hesaplama neticesinde de elde edilen değer en fazla 1e-3 kadar sifıra yakın olması istenmiştir. Analiz transient (zamanla değişen) olduğundan dolayı birden fazla zaman adımı mevcut olup her zaman adımının içerisinde de en fazla 20 iterasyon yaptırılmasına müsaade edilmiştir. Hesap adımlarının her birinin içerisinde en fazla 12 iterasyon sonunda yakınsama olduğu görülmüş, bu nedenle de 20 iterasyon sınırlandırılmasının yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Grafik incelendiğinde, her bir zaman adımından sonra yeni bir hesap yapıldığı görülmüştür. Bu durum *Şekil 12*'de zikzak şeklinde görülmektedir. Zaman adım sayısının birden fazla olması da analizin zamana bağlı tipte yapıldığının bir başka göstergesidir. Her zaman adımı içerisinde (iki tepe arasında) değişim stabildir, zik zak içermemektedir.

3.4. Doğrulama

Doğrulama(lar) sadece veri işleme gerektiren hâllerde değil aynı zamanda da bütün çalışmalarda yapılmalıdır. Herhangi bir işin, analizin vb. doğruluğundan emin olmak için, izlenen yönteminin ve sonucun doğruluğunun ispatına yönelik olarak sağlama, kıyaslama, kanıtlama, teyit ve geçerlilik kontrolü sağlanmalıdır. Bu işlemler, İngilizce dilinde “verification” ve “validation” olarak ayrı ayrı ifade edilmektedir (Kacar, 2023). Türkçe’de bu ikisine “doğrulama” denildiği için aradaki fark, anlatılamamakta ve anlaşılammaktadır. Farkı belirtmek üzere burada orijinal kelimeler kullanılmak zorunda kalınmıştır.

Verification; *çözüm esnasındaki hesaplamaların* hatasız, eksiksiz yapıldığını teyit etmek için yapılan doğrulama işlemleridir. *Şekil 10, 12 ve 13*'te verilen grafikler verification için kullanılan yöntemlere birer örnektir. Daha pek çok farklı yöntemler de mevcuttur. Validation ise *çözüm sonunda bulunan sonuçların* hedeflere, isteklere, standartlara, şartnameye, müşteri talebine uygun olduğunun ispatını, teyidini yapmaktır. Hedef(ler) ise bulunan sonucun en az bir kriteri sağladığının ölçülebilir randıman ve fiziksel değerlerdir. Verification sonunda yanlış olduğu ortaya çıkan bir hesaplama daha baştan yanlıştır, dolayısıyla validation yapmakla vakit kaybetmeye gerek bile yoktur! Validation yapmak için aşağıdaki yöntemler kullanılabilir:

- Mevcut ise analitik formüllerden elde edilen sonuçlarla kıyaslama. Bu en geçerli yöntemdir. Ancak analitik formüller her türlü problem için mevcut olmayabilir!
- Deney yaparak elde edilen deneysel sonuçların mevcut model sonuçları ile kıyaslanması: Bu yöntem de çok güçlüdür ancak pahalı olması nedeni ile deney düzeneği, deneysel veri temini her zaman mümkün olmayabilmektedir.
- Benzer çalışmalarla kıyaslamak: Çalışmanızda ürettiğiniz model, sunduğunuz yöntem vs. ne ise, ona girdi olarak, literatürde bulunan o alandaki çalışmalardaki şartları, girdi değerlerini verdiğinizde, o çalışmalarda sunulan sonuçları aynen sağlamalıdır. Arada fark varsa nedenleri makul olarak açıklanabiliyor olmalıdır. Elbette ki kendi modelinizin, mevcut çalışmalardakilerle kıyaslandığında birebir kopya olmaması için, ilave bir yenilikçi özelliği/özellikleri de olsa daha iyi olur!
 - Varsa standart, tasarım dokümanları, şartname isteklerini sağlamalı.
 - Mevcut ise başka hesaplama yöntemi veya simülasyonlar kullanılarak, sonuçları birbirleri ile kıyaslama.
 - Mevcut tasarımın, referans olarak alınabilecek, aynı amaçla kullanılan başka tasarımlarla mukayesesi.

Sonlu eleman simülasyonlarında verification için yapılan işlemlerden biri yakınsama analizidir (ağdan bağımsızlık analizi). Ağ eleman sayısı değiştirilerek elde edilen sonucun bir değere doğru yakınsamasını gösteren bir grafik olup bir örnek *Şekil 13*'te verilmiştir. Bu grafiğe göre eleman sayısının 1137 adetten fazla olması durumunda incelenen değişkene (nem) ait sonuçta bir değişim olmamaktadır. Bununla birlikte artan eleman sayısı hesaplama süresini artırdığından dolayı *en az eleman* ve *en doğru sonuç* amaçlarına aynı anda uyan denge noktasının tam olarak 1137 eleman olduğu görülmektedir. Başta yapılan bu analiz sayesinde simülasyon esnasında eleman sayısının eksikliğinden kaynaklı bir hatanın olmayacağı ispat edilmiş olmaktadır. Ancak bu tek başına hatasız bir analiz için yeterli değildir!

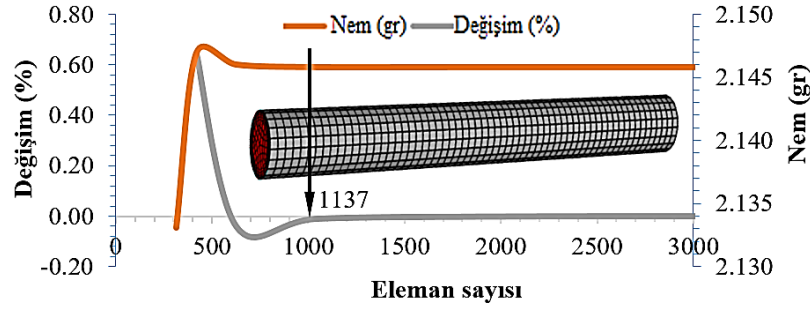


Figure 13. Convergence analysis and graph of percent change in results

Şekil 13. Yakınsama analizi ve sonuçlardaki değişim yüzdesi grafiği

3.5. Tartışma

Virüsün çoğalma-yayılma hızından, gıdaların kurutulmasının tahminine kadar pek çok alanda modelleme/tahmin teknikleri kullanılmaktadır. Esasen istatistiki olan bu yöntemlerin özü, varsa analitik formül kullanmak ya da veriyi modellemektir. Bununla birlikte kurutma alanında çalışan araştırmacılar, regresyon analizleri ile ürünün kuruma davranışını belirlemede literatürdeki çok yaygın matematik modelleri kullanmaktadır (Baran ve ark., 2015; Bayhan, 2021). Mısırın kuruma davranışını en iyi ifade eden matematiksel modelin Page denklemi olduğu ifade edilmiştir (Korkmaz, 2007). Kurutma işleminin doğası gereği nem belirli bir kritik seviyeye doğru (2.azalan bölgede) sürekli azalmaktadır (Kavheci, 1998; Hacıhafızoğlu, 2004). Kurutma deneyi ile elde edilen ham verilerin zamana göre değişiminin grafiği detaylı olarak incelendiğinde, nem miktarındaki azalma esnasında tepe ve çukur şeklinde malzeme davranışı oluştuğu, bunun da kurutma işleminin doğal sonucu olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte deneysel kuruma davranışını ifade etmek için kullanılan matematik model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında yüksek doğruluk elde etmek için ön işlemler yapılarak pik ve çukurlukların düzleştirildiği görülmüştür (Evcı ve Ülger, 2006; Aydın, 2016; Kars ve Ekberli, 2021). Zira regresyon modelleri genel eğri şeklini yakalayabilse de tepe ve çukurları istenen hassasiyette temsil edememektedir. Zaman serileri modeli ve yapay sinir ağı yöntemleri ile herhangi bir şekilde verilere ön hazırlık işlemi gerekliliği ortadan kalkmaktadır (Altan et al., 2021). Zira bu yöntemler tepe ve çukurları daha yüksek başarı ile modelleme yeteneğine sahiptir. Bu alanda yapay zekâ ile modellemeler, her geçen gün artmakta ve ham deneysel verilerin modellenmesinde kullanılan geleneksel modellere göre daha yüksek modelleme ve tahmin randımanı elde edilebilmektedir.

4. Sonuçlar

İstatistiksel pek çok veri işleme yöntemi ve değerlendirme metrikleri mevcuttur. Diğer disiplinlerde de ortak olarak kullanılan bu yöntemlere has hangi metriklerin kullanılacağı ve bunların yorumlanması istatistik biliminin haricindeki araştırmacılar, hele hele de genç araştırmacılar tarafından nadiren bilinmektedir. Pek çok metrik arasından modelleme ve tahmin amaçlı kullanılanlara özgü tekniklerin derli toplu bir sunumu bu çalışmada verilmiştir. Kadim bir yöntem olan regresyona kıyasla temsil etme yeteneğinin yüksekliği, veriyi düzeltmeye yönelik ön işlem gereksinimini ortadan kaldırması başta olmak üzere pek çok ilave avantajı bulunan makine öğrenme yöntemleri mevcuttur. Ancak ağırları uygun tasarlayabilmek ve sonuçların doğruluğundan emin olabilmek için bu yöntemlere özgü metrikler olarak regresyon analizi, korelasyon matrisi, oto korelasyon fonksiyonu, kısmi oto korelasyon fonksiyonu, değişen varyans, gizli katman, nöron sayılarının tespiti, hata metrikleri, yakınsama, belirsizlik analizi ve doğrulama teknikleri örneklerle izah edilmiştir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmanın inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları değerli katkılardan dolayı; editör, hakem ve emeği geçenlere içten teşekkür etmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Bütün yazarlar eşit katkıda bulunmuşlardır.

Kaynakça

- Agrotime (2023). Organomineral toprak düzenleyici; Agrotime Gold Sulphur gübre. <https://www.agrotimegubre.com.tr/-1.html> (Erişim Tarihi: 08.02.2024)
- Altan, A. D., Diken, B. and Kayışoğlu, B. (2021). Prediction of Photovoltaic Panel Power Outputs Using Time Series and Artificial Neural Network Methods. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(3), 457-469.
- Amini, G., Salehi, F., and Rasouli, M. (2021). Drying kinetics of basil seed mucilage in an infrared dryer: Application of GA-ANN and ANFIS for the prediction of drying time and moisture ratio. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15258. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15258>
- Amiroh, K., Rahmawati, D., and Wicaksono, A. Y. (2021). Intelligent System for Fall Prediction Based on Accelerometer and Gyroscope of Fatal Injury in Geriatric. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 10(3): 155-159. <https://doi.org/10.25077/jnte.v10n3.936.2021>
- Aydın, A. (2016). Precision Feeding in Laying Hens by Sound Technology. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 13(3): 134-142.
- Baran, M. F., Dalmuş, İ. S. ve Kayışoğlu, B. (2015). Kanola Bitkisinin Parçalanmaya Yönelik Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(5): 143-148.
- Bayhan, Y. (2021). İkinci ürün ayçiçeği üretiminde farklı toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemlerinin enerji kullanım etkinliğinin karşılaştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 13(2): 102-109.
- Beigi, M. and Torki, M. (2021). Experimental and ANN modeling study on microwave dried onion slices. *Heat and Mass Transfer*, 57: 787–796.
- Çelen, S. (2016). Mikrodalga bantlı kurutucunun gıda kurutmada kullanılabilirliği ve modellenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4): 71-83.
- Dash, S. and Venkatasubramanian, V. (2000). Challenges in the industrial applications of fault diagnostic systems. *Computers & Chemical Engineering*, 24(2-7): 785-791.
- Datatab (2024). Confidence Interval [Simply explained]. <https://www.youtube.com/watch?v=ENnISlvQH00> (Accessed Date: 10.02.2024).
- Dong, L., Wang, J., Tseng, M.-L., Yang, Z., Ma, B. and Li, L.-L. (2020). Gyro Motor State Evaluation and Prediction Using the Extended Hidden Markov Model. *Symmetry*, 12(11): 1750, 1-21. <https://doi.org/10.3390/sym12111750>
- Erenturk, S. and Erenturk, K. (2007). Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*, 78, 905-912.
- Evcı, G., ve Ülger, P. (2006). Çeltiğin Makineyle Kurutulmasında, Hasat Nemi İle Kurutma Nemi Arasındaki İlişkinin, Maksimum Kırksız Pirinç Randımanı Yönünden Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(3), 253-258.
- Hacıhafızoğlu, O. (2004). *Çeltiğin kuruma davranışının teorik olarak incelenmesi ve sonuçların elipsoid modele uygulanması*. (Doktora Tezi), Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- Heaton, J. (2008). Introduction to Neural Networks with Java. Heaton Research, Incorporated; 2nd edition, Washington.
- HosseinTabari, Kisi, O., Ezani, A., and Talae, P. H. (2012). SVM, ANFIS, regression and climate based models for reference evapotranspiration modeling using limited climatic data in a semi-arid highland environment. *Journal of Hydrology*, 444-445: 78-89. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.04.007
- Kacar, İ. (2023). Mekanik Tasarım ve Analizin Bilimsel Esasları. Akademisyen Kitabevi, Ankara, Birinci baskı, 36-40.
- Kacar, İ., ve Korkmaz, C. (2021). Döner tamburlu kurutucularda gübre kurutma simülasyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 17(3): 94-100.
- Kacar, İ., ve Korkmaz, C. (2022a). N25P5K5 türü yeni nesil bir bitki besininin kuruma kinetiğinin regresyon ve makine öğrenme yöntemleri ile belirlenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(4): 989-1004. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1230921>
- Kacar, İ., ve Korkmaz, C. (2022b). Çok katmanlı algılayıcı ağı, uzun kısa süreli bellek ağı ve regresyon yöntemleri ile tarımsal kurutma tahmini *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(4): 1188-1206. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1110463>
- Karacabey, E., Aktaş, T., Taşeri, L., ve Seçkin, G. U. (2020). Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği, enerji tüketimi ve ürün kalitesi açısından incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 53-65.
- Kars, N., ve Ekberli, İ. (2021). Soya bitkisinin verim parametreleri ile bazı kimyasal toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin uygulanabilirliği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(3): 494-507.
- Kavheci, K. (1998). *Çeltiğin yığın halinde kuruma davranışı*. (Doktora Tezi) Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- Khanlari, A., Güler, H. O., Tuncer, A. D., Sirin, C., Bilge, Y. C., Yılmaz, Y., and Güngör, A. (2020). Experimental and numerical study of the effect of integrating pluss shaped perforated baffles to solar air collector in drying application. *Renewable Energy*, 145: 1677–1692.
- Köklü, N., Büyüktörtük, Ş., ve Çokluk-Bökeoğlu, Ö. (2006). *Sosyal Bilimler İçin İstatistik*. Pegem Yayıncılık, Ankara.

- Korkmaz, C. (2007). *Mısırın kuruma davranışının deneysel olarak belirlenmesi ve değişik teori modellerle simülasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- Masters, T. (1993). *Practical Neural Network Recipes in C++*. Elsevier Inc. : Academic Press.
- Öğündür, G. (2019). Overfitting, underfitting and bias-variance contradiction. <https://www.medium.com> (Erişim Tarihi: 18.04.2023).
- Rachmatullah, M. I. C., Santoso, J. and Surendro, K. (2020). A Novel Approach in Determining Neural Networks Architecture to Classify Data With Large Number of Attributes. *Ieee Access*, 8, 204728-204743. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3036853>
- Saplıoğlu Akademi. (2020). Matlab ile Anfis Uygulaması. <https://www.youtube.com/watch?v=syiqS2o7sKc> (Erişim Tarihi: 20.04.2023).
- Sartori, M. A., and Antsaklis, P. J. (1991). A simple method to derive bounds on the size and to train multilayer neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2(4): 467-471. <https://doi.org/10.1109/72.88168>
- Sheela, K.G. and S.N. Deepa. (2013). Review on Methods to Fix Number of Hidden Neurons in Neural Networks. *Mathematical Problems in Engineering*, p. 425740.
- Shen, L., Zhu, Y., Liu, C., Wang, W., Liu, H., Kamruzzaman, and Zheng, X. (2020). Modelling of moving drying process and analysis of drying characteristics for germinated brown rice under continuous microwave drying. *Biosystems Engineering*, 195: 64-88.
- Taheri, S., Brodie, G. and Gupta, D. (2021). Optimised ANN and SVR models for online prediction of moisture content and temperature of lentil seeds in a microwave fluidised bed dryer. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182: 106003. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106003>
- The Data Scientist (2024). Comparing Significance Level, Confidence Level, And Confidence Interval, <https://thedata scientist.com/comparing-significance-level-confidence-level-and-confidence-interval/> (Accessed Date: 10.02.2024).
- Tobon-Mejia, D. A., Medjaher, K., Zerhouni, N. and Tripot, G. (2012). A data-driven failure prognostics method based on mixture of gaussians hidden Markov Models. *IEEE Transactions on Reliability*, 61(2): 491-503. <https://doi.org/10.1109/TR.2012.2194177>
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Kavuri, S. N., and Yin, K. (2003). A review of process fault detection and diagnosis: Part III: Process history based methods. *Computers & Chemical Engineering*, 27(3): 327-346. [https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(02\)00162-X](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(02)00162-X)

Trakya Bölgesi'nde Üretilen Bazı Kültür Bitkilerinin İklim Değişimine Uyumunun Modellenmesi


Modelling the Adaptation of Some Cultural Plants Produced in Thrace Region to Climate Change


Anıl Saygın ŞEN¹, Huzur DEVECİ^{2*}, Fatih KONUKCU³


Öz

Günümüzde yoğun bir şekilde iklim değişikliğinin etkileri yaşanmaya başlamıştır ve devam da edecektir. İklim değişikliğinden birçok sektörün etkileneceği tahmin edilmektedir. Bu sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir. Trakya Bölgesi Türkiye'de buğday, kanola ve ayçiçek üretimine katkısı olan önemli bölgelerimizden biridir. Dolayısı ile iklim değişikliğiyle birlikte öngörülemeyen durumlar ortaya çıktığında, tarım ve gıda sektöründe önemli bir yer tutan bu üç bitkinin iklim değişikliğine karşı gelecekte yetiştirilme alanlarının nasıl değişeceğinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi çok önemlidir. Öncelikle iklimin nasıl değişeceğinin hassas bir şekilde tahmin edilmesi ve sonrasında planlamalar yapılarak, nasıl önlemler alınması gerektiğinin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin Trakya Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinin coğrafi dağılımlarının gelecekte iklim değişiminden nasıl etkileneceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmektir. Bu amaçla, Trakya Bölgesi'nde öncelikle günümüz (1950-2000) dönemi için buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinde DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk belirlenmiş, sonrasında ise gelecek dönem yani 2050'ler için HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda bu üç bitkide yine Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk tahmini yapılmıştır. Günümüz ve gelecek dönem uygunluk sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, TR21 Trakya Bölgesi'nde 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların yerini genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı, bu olumsuz durumun RCP8.5'de daha fazla oluşacağı; kanolada günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050'lerde genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı; ayçiçeğinde ise günümüzde mükemmel olan alanların gelecekte değişmeyeceği tahmin edilmiştir. Üreticilerin, karar vericilerin ve uygulayıcıların planlamalarını yaparken, bu sonuçlar doğrultusunda geleceğe yön vermesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Buğday, Kanola, Ayçiçek, Ecocrop model, Uygunluk

¹Anıl Saygın Şen, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: anilsayginsen@gmail.com  OrcID: 0009-0002-5025-1046

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Huzur Deveci, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: huzurdeveci@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-0143-2185

³Fatih Konukcu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: fkonukcu@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2873-990X

Atıf: Şen, A. S., Deveci, H., Konukcu, F. (2024). Trakya Bölgesi'nde üretilen bazı kültür bitkilerinin iklim değişimine uyumunun modellenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 501-516.

Citation: Şen, A. S., Deveci, H., Konukcu, F. (2024). Modelling the adaptation of some cultural plants produced in Thrace Region to climate change. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 501-516.

*Bu Çalışma Anıl Saygın Şen'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

Today, the effects of climate change have started to be experienced and will continue to be experienced. It is estimated that many sectors will be affected by climate change. The agricultural sector is one of these sectors. Thrace Region is one of our important regions that contribute to wheat, canola, and sunflower production in Turkey. Therefore, when unpredictable situations arise with climate change, it is very important to accurately determine how the cultivation areas of these three plants, which have an important role in the agriculture and food sector, will change in the future against climate change. First of all, it is necessary to predict precisely how the climate will change, and then to determine what precautions should be taken by making plans. The aim of this study is to predict how climate change will affect the geographical distributions of wheat, canola and sunflower plants grown in the Thrace Region in the future, using a plant suitability model. For this purpose, the suitability of wheat, canola and sunflower plants for the current period (1950-2000) in the Thrace Region was determined using the Ecocrop module included in the DIVA-GIS program, and then in line with the results of the HADGEM2_ES model RCP4.5 and RCP8.5 scenarios for the next period, in the 2050s, suitability estimates were made for these three plants by using the Ecocrop module. Current and future prediction results are compared with each other. As a result, in the TR21 Thrace Region in the 2050s, in the HADGEM2_ES model RCP4.5 scenario for wheat, suitable, very suitable, and excellent areas will be replaced by not suited, very marginal, marginal areas, respectively. This will be more severe under RCP8.5 scenario. For canola, suitable and very suitable areas will be replaced by suitable and excellent areas, respectively, in the 2050s, and this positive situation will occur more in the RCP4.5 scenario. In sunflower, on the other hand, it has been predicted that the areas that are excellent current will not change in the future. It is recommended that producers, decision makers and practitioners direct the future in line with these results while planning.

Keywords: Climate change, Wheat, Canola, Sunflower, Ecocrop model, Suitability

1. Giriş

Sanayi devrimiyle beraber fosil yakıtların aşırı kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklikler, orman alanlarının yok olması, sanayileşmenin hızla artması sonucunda 19. yüzyılın ortalarından itibaren iklimdeki doğal değişikliğe ek olarak antropojenik etkilerin de rol oynadığı bir döneme girilmiştir. Bu yeni dönemde deniz seviyesindeki artış, sıcaklıklarla birlikte buzulların erimesindeki artış, sıcak hava dalgalarındaki artış, afetlerin sıklığı ve şiddetindeki artış gibi iklim değişikliğine bağlı olarak çok yönlü etkiler tespit edilmiştir. Bu etkilerin de önümüzdeki günlerde artarak devam edeceği beklenmektedir (SYGM, 2020).

İklim değişikliğinin etkilediği sektörlerin arasında tarım, gıda ve hayvancılık, balıkçılık ve ormancılık gibi insan beslenmesini doğrudan etkileyen sektörler yer almaktadır. Ayrıca tarım sektörü milli gelir, istihdam, iç ve dış ticaret, tarıma dayalı sanayi, destekleme ve tüketim harcamaları içerisinde bulunan payı ve insanların zorunlu gıda maddelerini üreten bir sektör olması nedeniyle ekonomilerde çok önemli bir yere sahiptir Tarım sektörü, insanların temel ihtiyacı olan gıda üretimini sağlaması, ülkelerin milli gelirlerinde ve istihdamlarında payının yüksek olması nedeniyle çok önemli bir yere sahiptir (Bayraç ve Doğan, 2016).

İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi nihai raporuna göre 2015-2100 projeksiyon döneminde HadGEM2-ES, MPI-ESMMR ve CNRM-CM5.1 modelleri RCP4.5 senaryosunda sırasıyla 3.4°C, 2.0°C ve 2.5°C ve RCP8.5'ta ise sırasıyla 5.9°C, 4.5°C ve 4.3°C sıcaklık artışları oluşacağı tahmin edilmektedir. Yağışta ise aynı modeller için RCP4.5 senaryosunda -50 mm ile 40 mm arasında ve RCP8.5 senaryosunda ise -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörülmektedir. Dolayısı ile buradan Türkiye'nin de iklim değişikliğinden oldukça fazla etkileneceği sonucu çıkarılmaktadır (SYGM, 2016).

Bitki gelişimini etkileyen pek çok neden olmakla birlikte en önemli etken iklimdir. İklim parametrelerinden özellikle sıcaklık ve yağışın bitkiler üzerindeki etkileri, bitki verimi ve bitkinin o bölgede yetişebilmesi için çok önemlidir (Konukcu ve ark., 2020). Bu nedenle iklimin tarımsal aktiviteleri de etkileyeceği öngörülmektedir. Özellikle yağış ve sıcaklık değerlerindeki değişimler tarımsal potansiyeli, ürün verimini ve kalitesini doğrudan etkiler. Bu nedenle iklimin değişmesi, bitkinin yetiştiği coğrafi konumlarda daha önce yaşanmamış iklim olaylarının meydana gelmesi, bitkinin bulunduğu coğrafyanın iklimine uygunluğunu da tartışmaya açar. İklimsel uygunluğun analizi o bölgedeki çiftçiler ve yöneticilerin iklim değişikliğine adaptasyon ve uyum sürecini yönetebilmeleri için bir gerekliliktir (Holzkämper ve ark., 2011).

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının Mayıs 2022'de yayınladığı buğday bültenine göre dünyada 2021/22 üretim sezonunda küresel buğday üretiminin bir önceki yıla göre %1'lik artışla 781 milyon ton, tüketiminin bir önceki yıla göre %1'lik artışla 778 milyon ton olacağı öngörülmektedir. Yine aynı rapora göre Türkiye'de ise 2021 yılı buğday ekilişi 67.4 milyon dekar, toplam üretim 17,7 milyon tondur. Ekiliş alanlarının 55.4 milyon dekarında 14.5 milyon ton ekmeklik buğday, 12 milyon dekarında 3.2 milyon ton makarnalık buğday üretilmiştir. Dünya'nın en büyük tahıl ihracatçıları arasında yer alan Rusya ve Ukrayna arasında devam eden olumsuzluklar neticesinde tarımsal emtia fiyatlarındaki artış, özellikle Yakın Doğu Asya ve Afrika'daki ithalata bağımlı ülkelerde potansiyel gıda güvenliği risklerine ilişkin endişeleri artırmıştır (Anonim, 2023a). Kanola üretiminde Türkiye değerlendirildiğinde ise geçen yıl 122 bin ton kanola üretilmiştir. Dünyada yıllık kanola üretimi yaklaşık 71.5 milyon ton olarak hesaplanırken, Türkiye'de üretim geçen yıl 122 bin ton olmuştur. Türkiye kanola üretimi son 10 yılda ortalama 115 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Tekirdağ, 2022 yılında yaklaşık 38 bin ton kanola üretimiyle ilk sırada yer alırken, bu ili 24 bin tonla Edirne ve 16 bin tonla Konya takip etmiştir (Anonim, 2023b). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının Ocak 2022'de yayınladığı ayçiçek bültenine göre Türkiye yağlık ayçiçeği ekiliş alanları 2015 yılında 5.6 milyon dekar iken 2020 yılında yaklaşık %17 artarak 6.5 milyon dekara yükselmiştir. Diğer yandan 2015 yılında 1.45 milyon ton olan yağlık ayçiçeği üretimi 2020 yılında 1.9 milyon tona ulaşmıştır. TÜİK 2019/2020 pazarlama yılı verilerine göre ayçiçeğinin yeterlilik oranı %60.1'dir. Dekara verim ortalaması 2015 yılında 264 kg iken 2020 yılında yaklaşık %11 artarak 292 kg'a yükselmiştir. 2021 yılı üretimi bir önceki yıla göre %16.8'lik artışla 2.42 milyon ton olarak Cumhuriyet tarihinin rekor üretimi gerçekleşmiştir. Türkiye'de ayçiçeği üretiminin yoğun olarak yapıldığı iller sırasıyla; Tekirdağ, Konya, Edirne, Kırklareli ve Adana'dır. Bu iller, toplam üretimin %68'ini karşılamaktadır (Anonim, 2023c). Dolayısı ile bu üç bitki (buğday, kanola ve ayçiçeği) Trakya Bölgesi ve Türkiye için yetiştiriciliği büyük önem taşıyan bitkilerdir. Ancak, iklim değişiminden en çok etkilenecek olan Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkemizde, iklim değişimiyle birlikte bitki verimlerinin yanında bölgelerin bitki yetiştirilmesine uygunluklarında da önemli değişimler olması kaçınılmazdır.

Dünyada çeşitli bitkilerde iklim değişikliğine karşı arazilerin uygunluğunun belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırmalar yapılmıştır (Ramirez-Villegas ve ark., 2013; Pawar-Patil ve Mali, 2015; Makinano-Santillan ve Santillan, 2015; Shikalgar, 2017; Chhogyel ve ark., 2018; Rhiney ve ark., 2018; Egbeyi ve ark., 2019; Wichern ve ark., 2019; Abdallah ve Jaafar, 2019; Shiny ve ark., 2020; Beltrán-Tolosa ve ark., 2020; Taba-Morales ve ark., 2020; Manners ve ark., 2021; Labaioui ve Bouchoufi, 2021; Joshi, 2021; Møller ve ark., 2021; Mumo ve ark., 2021; Mulinde ve ark., 2022; Zagaria ve ark., 2023). Türkiye'de ise sadece mısır, aspir, kanola, pamuk, buğday ve dallı darı (Aydın ve Sarptaş, 2018) ve biyoenerji bitkileri (Aydın-Kandemir ve Sarptaş, 2022) için uygun alanlar belirlenmiştir. Türkiye'de ve Trakya'da uygunluk tahmini ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı hassasiyeti azaltabilmek için bu çalışmaların özellikle stratejik bitkilerle, çeşitli modeller ile denemeler yapılarak desteklenmesi ve çoğaltılması gerekmektedir. Bugüne kadar bu bölgede iklim değişikliği ile toprak nemi ve verim ilişkisi çalışılmış (Özdoğan, 2011; Deveci, 2015; Altürk ve ark., 2019; Deveci ve ark., 2019; Konukcu ve ark., 2020; Deveci, 2022; Coşkun, 2023; Coşkun ve ark., 2023) fakat bitki uygunluk haritaları üretmeye yönelik çalışmalar yapılmamıştır.

Bu çalışma ile Trakya Bölgesi'nde günümüz (1950-2000) dönemi ve gelecek dönem 2050'ler için HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda buğday, kanola ve ayçiçeği için DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk tahmini yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, bitki yetiştiriciliği için en önemli etken olan sıcaklık ve yağışın ayçiçeği, buğday ve kanola üretimine etkisi ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma alanı

Avrupa ile Asya kıtaları arasındaki coğrafi, kültürel ve ticari bir geçiş bölgesi olan Türkiye'nin topraklarının büyük bir kısmı (Anadolu) Asya kıtasında, küçük bir kısmı (Trakya) ise Avrupa kıtasında yer almaktadır. TR21 Trakya Bölgesi, Türkiye'nin Avrupa kıtası üzerindeki topraklarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinden meydana gelen TR21 Trakya Bölgesinin yüzölçümü (göller hariç) 18.665 km²'dir. Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi olmak üzere üç denize kıyısı bulunmaktadır. Bölgenin dikkat çeken üç temel karakteristiği söz konusudur. Bunlardan birincisi, tarıma elverişli arazi miktarının oldukça yüksek olması iken, ikincisi tarımsal faaliyetlerin yoğunluğudur. Üçüncü karakteristik ise, Kocaeli-İstanbul Çorlu-Lüleburgaz hattı üzerinde D-100 Karayolu etrafında konuşlanmış olan sanayi bölgelerinin önemli bir kısmının bölge içinde yer almasıdır (Anonim, 2023d). Araştırma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

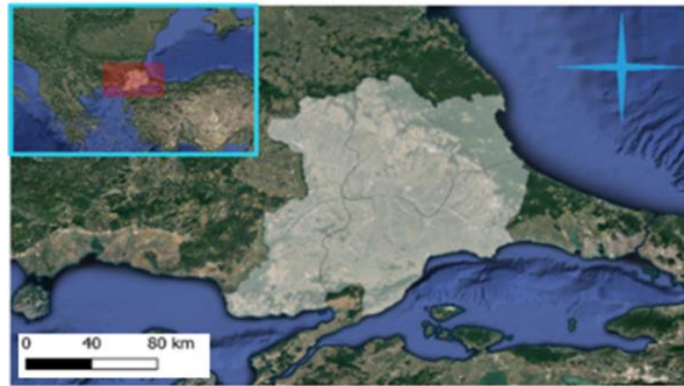


Figure 1. Research area

Şekil 1. Araştırma alanı

2.1.2. Araştırma alanının iklimi

Araştırma alanında bulunan Tekirdağ'da uzun yıllar ortalama sıcaklık 14.1°C, Kırklareli'nde 13.3°C ve Edirne'de 13.8°C'dir. Uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık ölçümünde ise 19.8°C ile Edirne, ardından 18.9°C ile Kırklareli ve 17.9°C ile Tekirdağ gelmektedir. Ortalama en düşük sıcaklıkta Edirne 8.4°C, Kırklareli 8.8°C ve Tekirdağ 10.4°C olarak görülmektedir. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması 601.9 mm ile en yüksek Edirne ilinde, 580.4 mm

ile en düşük Tekirdağ ilinde görülmüştür. Tüm illere ait uzun yıllar yıllık ortalama iklim verileri *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları (MGM, 2023a; b; c)

Table 1. Long-term averages of climate data of the research area (MGM, 2023a; b; c)

İklim Parametreleri (Ölçüm Dönemi)	Tekirdağ (1940-2022)	Kırklareli (1959-2022)	Edirne (1930-2022)
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	14.1	13.3	13.8
Yıllık Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.9	18.9	19.8
Yıllık Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	10.4	8.8	8.4
Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.6	4.8	6.0
Yıllık Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	98.1	98.8	105.7
Yıllık Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	580.4	583.7	601.9
Yıllık En Yüksek Sıcaklık (°C)	40.2	42.5	44.1
Yıllık En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.5	-15.8	-19.5

2.1.3. Araştırma alanı bitkilerine ait özellikler

Ayçiçek (*Helianthus annuus L.*): Günümüzün en önemli yağ bitkilerinden biridir. Tohumlarının en iyi bir şekilde çimlenebilmesi için 8-10°C'lik toprak sıcaklığı gerekir. Ayçiçeği bitkisi fideleri kotiledon devresinde -4°C sıcaklığa dayanabilir. Ayçiçeği için en iyi yetiştirme sıcaklıkları 21 ile 24°C arasındadır. Ekim zamanı toprak sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Çimlenmenin iyi olabilmesi için toprak sıcaklığı en az 8-10°C olmalıdır. Ayçiçeği ekiminde hassas havalı (pnomatik) mibzerler kullanılmaktadır. Bu tip havalı ekim makineleri kullanıldığında bir dekara kullanılan tohum miktarından da önemli tasarruf sağlanarak (300-350 gr da⁻¹) mütecanis bir çıkış elde edilmektedir (Süzer, 2022a).

Buğday (*Triticum aestivum L.*): Buğday iklim isteği çimlenme ve kardeşlenme sırasında 5-10°C sıcaklık ve nem ise %60 oranındadır. Buğday gelişmesinin ikinci devresi olan sapa kalkmada ise 10-15°C sıcaklık ve %65 oranında nispi nem isteği olmaktadır. Buğday bitkisi her çeşit toprakta yetiştirmekle birlikte genellikle yüksek verimlerin, killi, tınlı-killi, humusça zengin topraklardan alınmaktadır. Buğday tarımında dekardan yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmenin ön koşullarından biri de uygun bir zamanda ekim yaparak düzenli bir çimlenme ve çıkış sağlamaktır. Buğday tarımında ekim zamanını belirleyen en önemli faktörlerden biri de tohum yatağındaki toprak sıcaklığıdır. Toprak sıcaklığının 8-10°C olduğu zaman ekim yapılırsa kök gelişmesi hızlı ve kök tacı da derin olur (Süzer, 2022b).

Kanola (*Brassica napus L.*): Kanola verimli ve iyi drenaja sahip topraklara ihtiyaç duymaktadır. Tropikal kuru coğrafyalar ile nemli orman bölgeleri arasında değişim gösteren bölgelerde yetişebilir. 300 ile 2.800 mm arasında yıllık yağışa ve 5 ile 27°C arasında yıllık ortalama sıcaklığa toleranslıdır (Almond ve ark., 1986). Kışlık olarak ekilen bölgelerde 15 Eylül tarihinden Ekim sonuna kadar ekimi yapılabilmektedir. Kışlık ekilen kanola, kışa girerken rozetleşmesini tamamladığı ve kuvvetli bir kök oluşturduğu takdirde -15°C'ye kadar dayanabilmektedir. Kışlık kanolanın sıcaklık isteği toplamı 2.300-2.500°C'dir. En iyi bitki gelişimi, derin yapılı, humuslu topraklarda gerçekleşir. Kanola tarımı için en uygun topraklar pH'ı 6.5-7.5 arası olan topraklardır (Süzer, 2023).

2.1.4. Günümüz ve gelecek iklim verileri

Çalışmada kullanılan günümüz (1950-2000) iklim verileri WorldClim veri tabanından elde edilmiş, DIVA-GIS tarafından iklim dosyasına dönüştürülmüş verilerdir. Bu çalışmada kullanılan günümüz verileri DIVA-GIS sitesinden alınarak kullanılmıştır (Anonim, 2022a). Bu veriler 2.5 dakikalık minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileridir. Çalışmada kullanılan gelecek 2050'leri kapsayan iklim verileri ise Climatic Change, Agriculture, and Food Security (CCAFA) sitesinden elde edilen 2.5 dakikalık minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verilerini kapsamaktadır (CCAFA, 2023).

2.1.5. Bitki uygunluk modeli: Ecocrop

Ecocrop, bir mahsulün belirli bir ortam için uygunluğunu belirlemek için kullanılan bir veri tabanıdır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiştir. Bölgede en çok yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçek bitkilerine ait veriler Ecocrop'tan elde edilmiştir. Elde edilen veriler minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin), maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax), bitkinin öldüğü sıcaklık (KTmp), bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (Tmin), optimal maksimum sıcaklık (TOPmax), optimal minimum sıcaklık (TOPmn),

bitkinin büyüme durdurduğu maksimum sıcaklık (Tmax), minimum yağış miktarı (Rmin), maksimum yağış miktarı (Rmx), optimal minimum yağış miktarı (ROPmn), optimal maksimum yağış miktarı (ROPmx) verilerini kapsamaktadır. Bu veriler aynı zamanda girdiler olup, çalışılan buğday, kanola ve ayçiçeği için aşağıda tablo halinde sunulmuştur (Tablo 2). Ecocrop modelde uygunluk indeksi 0 ile 100 arasında değişmektedir.

Tablo 2. Ecocrop modelden elde edilen iklim ve bitki büyüme dönemi verileri (FAO, 2023)

Table 2. Climate and plant growth period data obtained from the Ecocrop model (FAO, 2023)

İklim ve Büyüme Dönemi Verileri	Birim	Buğday	Kanola	Ayçiçek
Minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin)	gün	90	85	70
Maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax)	gün	250	340	200
Bitkinin öldüğü sıcaklık (KTemp)	°C	0	-6	-10
Bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (Tmin)	°C	5	5	5
Optimal minimum sıcaklık (TOPmn)	°C	15	15	17
Optimal maksimum sıcaklık (TOPmx)	°C	23	25	34
Bitkinin büyüme durdurduğu maksimum sıcaklık (Tmax)	°C	27	41	45
Minimum yağış miktarı (Rmin)	mm	300	400	300
Optimal minimum yağış miktarı (ROPmn)	mm	750	500	600
Optimal maksimum yağış miktarı (ROPmx)	mm	900	1.000	1.000
Maksimum yağış miktarı (Rmax)	mm	1.600	2.800	1.600

DIVA-GIS programının çalışma prensibi; bitkinin sıcaklık ve yağış isteklerinin, bölgenin sıcaklık ve yağış değerlerinin uygunluğuna göre değerlendirilerek, bitkinin o yerin iklimine uygunluğunun hesaplanmasına dayanmaktadır. Bir bölgenin aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı (bir büyüme sezonunda düşen toplam yağış miktarı) bitkinin sıcaklık ve yağış uygunluk aralığına göre belirlenen optimum bölgede kalıyorsa bölge - incelenen ay için- yetiştiricilik için uygun kabul edilmektedir. Sıcaklık ve yağış değerleri marjinal bölgede kalıyorsa zor da olsa yetişebilme yeteneği bulunmaktadır (Aydın, 2015). Uygunluk indeksi 0 uygun değil, %1-20 çok marjinal, %21-40 marjinal, %41-60 uygun, %61-80 çok uygun, %81-100 mükemmel olarak sınıflandırılmıştır.

2.1.6. Haritalama ve coğrafi veri analiz programları

Araştırmada Ecocrop modülünü çalıştırmak için DIVA-GIS (versiyon 7.5), haritaları düzenlemek ve analiz yapmak için ise QGIS (versiyon 3.28.2) programları kullanılmıştır.

DIVA-GIS 7.5: DIVA-GIS yazılımı, Uluslararası Bitki Genetik Kaynak Enstitüsü (International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)) desteğiyle Uluslararası Patates Merkezi'nde (International Potato Center (CIP)) geliştirilmiştir. DIVA-GIS, haritalama ve coğrafi veri analizi için ücretsiz bir bilgisayar programıdır. DIVA-GIS, türlerin dağılımı veya diğer 'nokta dağılımları' gibi biyolojik çeşitlilik verilerinin haritalanması ve analiz edilmesi için yararlı bir programdır. ESRI şekil dosyaları gibi standart veri formatlarını okuyabilir ve yazabilir. Biyolojik çeşitliliğin dağılımının ızgara (raster) haritalarını yaparak, yüksek, düşük veya tamamlayıcı çeşitlilik seviyelerine sahip alanları bulmak, verileri analiz etmek için kullanılabilir (Anonim, 2022b). Ayrıca iklim verilerini haritalayabilir ve sorgulayabilir. Araştırması yapılacak bitkinin tarımsal ekolojik uygunluğunun mekânsal analizini de yapılabilmektedir (Hijmans ve ark., 2012). Hijmans ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada bitkilerin iklimsel uygunluğunu belirlemek ve mekânsal verileri analiz ederek haritalamak amacıyla bir yöntem/model olarak DIVA-GIS'i geliştirmişlerdir.

QGIS (Quantum GIS): QGIS bir Açık Kaynak Coğrafi Bilgi Sistemi üzerine geliştirilen bir projedir (QGIS, 2023). Proje 2002 mayıs ayında başlamış ve aynı yılın haziran ayında SourceForge'da kullanıma sunulmuştur. Bu projenin yapılış amacı, genel olarak pahalı bir ticari CBS yazılımını kişisel bilgisayara temel erişimi olan herkes için uygun hale getirmektir. QGIS birçok platformda (Mac OSX, Linux, Windows ve Android) çalışmaktadır. QGIS, Qt araç seti ve C++ yazılım dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bu, QGIS'in hızlı bir şekilde kullanılmasını sağladığı gibi, kullanımı kolay bir grafik kullanıcı arayüzüne sahip olduğu anlamına da gelmektedir. QGIS, eklenti (plugin) mimarisi kullanılarak kolayca eklenen yeni kodlamalar ile bir dizi raster, vektör ve ağ veri formatını desteklemektedir. QGIS'te ekstra işlevselliğe ihtiyacınız varsa, bir özelliğin geliştirilmesine sponsor olabilir veya programlama beceriniz var ise onu kendiniz ekleyebilirsiniz. QGIS sürekli gelişen açık erişim bir yazılımdır (Albut ve Şener, 2023).

2.2. Yöntem

İklim değişikliğinden Trakya Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçek bitkilerinin coğrafi dağılımlarının gelecekte nasıl etkileneceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmek amacı ile DIVA-GIS sitesinden 1950-2000 yılları arasına ait iklim verilerini kapsayan dosya indirilmiştir. İndirilen iklim dosyası üzerinden elde edilen verilerden QGIS'te TR21 Trakya Bölgesi'nde günümüz (1950-2000) için sıcaklık ve yağış analizleri yapılmıştır. Gelecek tahminlerinin yapılabilmesi için ise CCAFS sitesinden 2050'ler HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verilerini kapsayan 2.5 dakikalık gelecek iklim verileri indirilmiştir. Buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinin uygunluk tahminleri DIVA-GIS programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen haritalar QGIS programına aktararak haritalama işlemleri gerçekleştirilmiştir (QGIS, 2023).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sonuçlar ilk aşamada iklim verilerinin değerlendirilmesi ve sonraki aşamada ise buğday, kanola ve ayçiçeğinde uygunlukların değerlendirilmesi şeklinde ortaya konulmuştur.

3.1. İklim verilerinin değerlendirilmesi

İklim verileri QGIS'te iklim haritaları üzerinden yapılan hesaplamalarla değerlendirilmiştir. TR21 Trakya Bölgesi için günümüz (1950-2000) ortalama sıcaklığı 13.1°C'dir. 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ortalama sıcaklık 16.1°C'dir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise ortalama sıcaklık 16.9°C'dir. Dolayısı ile günümüze göre HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda sıcaklık 3.0°C artarken, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 3.8°C sıcaklıklar artacaktır. Yağış ise TR21 Trakya Bölgesi için günümüzde (1950-2000) 631 mm'dir. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda yağış 669 mm iken HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda yağış 677 mm'dir. Günümüze göre yağış değerleri HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 38 mm, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 46 mm artmaktadır. WorldClim'den alınan bu iklim değişimi verileri TR21 Trakya Bölgesinde yapılan iklim değişimi verileri ile uyum sağlamaktadır. "Trakya Bölgesi'nde İklim Değişikliğine Karşı Adaptasyon için Kapasite Geliştirme" projesi kapsamında Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde sıcaklık ve yağış değerleri 10'ar yıllık dönemler halinde değerlendirilmiştir. Bu projede genel olarak her 3 model MPI_ESM_MR, HadGEM2_ES ve CNRM_CM5.1, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçlarında da sıcaklıkta benzer artışlar öngörülmektedir (Hanedar ve ark., 2019). Yağışlarda ise bu çalışmada artış olacağı öngörülürken proje sonuçlarında dönem dönem artma ve azalmalar olacağı belirlenmiştir. Aynı zamanda proje de Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ il bazında değerlendirilmiştir. Edirne'de yağışta HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 7.95 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 9.05 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 0.12 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 13.12 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Kırklareli'nde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 9.74 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 6.56 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 0.44 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 13.7 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Tekirdağ'da ise HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 2.27 mm ve 2051-2060 döneminde 7.75 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 8.92 mm ve 2051-2060 döneminde 0.64 mm azalacağı tahmin edilmiştir (Hanedar ve ark., 2019). Her ne kadar yağışlarda bazı farklılıklar var gibi görünse de bu farklılıkların alınan referans dönemden, değerlendirmenin il bazında yapılmasından ve projeksiyon döneminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada referans dönem 1950-2000 ve gelecek dönem 2050'ler iken, projede referans dönem 1970-2000 olarak, gelecek dönem 2041-2050 ve 2051-2060 olmak üzere 2050'lere yakın iki dönem olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada değerlendirme il bazında değil bölge bazında ortalamalar alınarak yapılmıştır. Ayrıca sıcaklıkların genel olarak artma eğiliminde olmasından dolayı referans, gelecek dönem farklılıklarının, il bazında ya da bölgesel bazda oluşan farklılıkların çok fazla sıcaklık değerlerini etkilemediği düşünülmüştür.

3.2. Buğday uygunluk değerlendirmesi

Buğday için yapılan günümüze ve gelecek için uygunluk haritaları Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi günümüzde uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcutken HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında uygun değil, çok marjinal, marjinal, uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasındaki belirgin fark ise RCP4.5 senaryosunda artan uygun değil alanların RCP8.5 senaryosunda daha da fazla artmış olmasıdır.

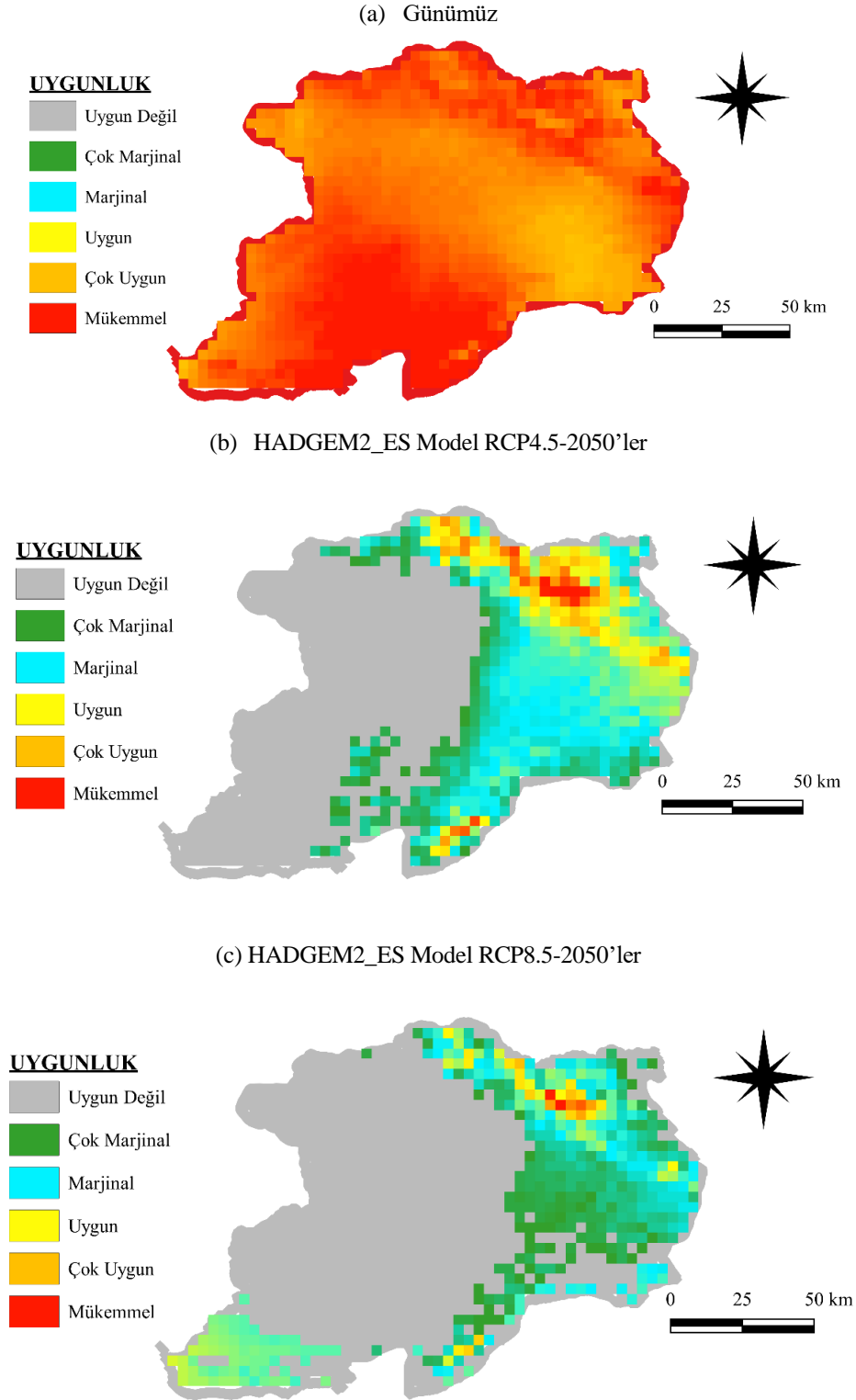


Figure 2. Suitability maps for wheat (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 2. Buğday için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

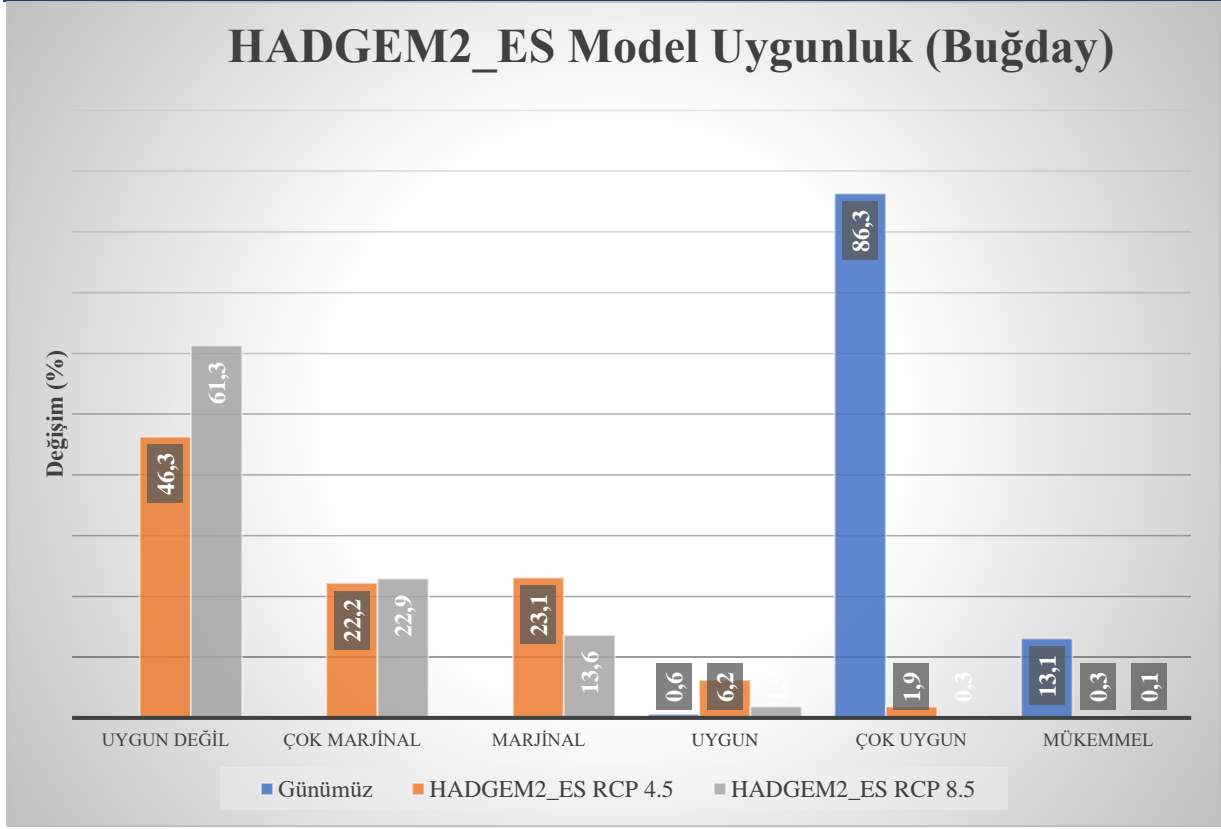


Figure 3. Shift in suitability for wheat current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 3. Buğday için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

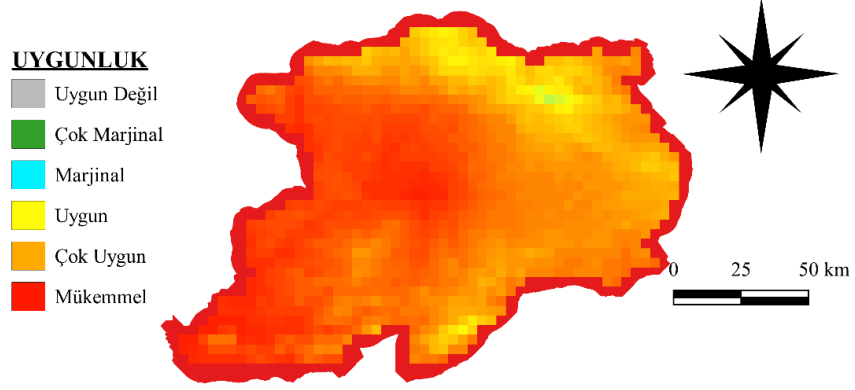
Şekil 3 değerlendirildiğinde günümüzde %0.6 uygun, %86.3 çok uygun ve %13.1 oranında mükemmel alanlar vardır. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ise %46.3 uygun değil, %22.2 çok marjinal, %23.1 marjinal, %6.2 uygun, %1.9 çok uygun ve %0.3 oranında mükemmel alanlar oluşacağı tahmin edilmiştir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise %61.3 uygun değil, %22.9 çok marjinal, %13.6 marjinal, %1.9 uygun, %0.3 çok uygun ve %0.1 oranında mükemmel alanlar oluşacağı söz konusudur.

Günümüz ile HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında her iki senaryoda da buğday yetiştirilen alanların 2050'lerde çok uygun ve mükemmel alanların belirgin bir şekilde yerini uygun değil, çok marjinal ve marjinal alanların alacağı gözükmektedir. HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldıklarında ise RCP8.5'te marjinal ve uygun değil alanların daha çok arttığı görülmektedir. Aslında bu da beklenen bir durumdur. Çünkü RCP8.5 RCP4.5'e göre daha kötümser bir senaryodur. Aynı zamanda Aydın ve Sarptaş (2018)'de yaptıkları çalışmada 2070 projeksiyonu için TerrSet ortamında, Climate Change Adaptation Modeler (CCAM)'in alt modeli olan Crop Climatic Suitability Modeling (CCSM) uygulanarak yaptıkları çalışmada Türkiye için buğdayda günümüzdeki mevcut yüksek iklimsel uygunluk 2070 yılında önemli düzeyde azalacaktır şeklinde yorumlamışlardır. Çalışmalarındaki buğday için oluşturulan günümüz ve 2070 yılı haritası Trakya Bölgesi için incelendiğinde yüksek ve en yüksek uygun alanların 2070 yılında yerini en düşük, düşük ve orta iklimsel uygunluk alanlarının alacağı gözükmektedir. Bu sonuçlar da buğday için bu araştırma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir.

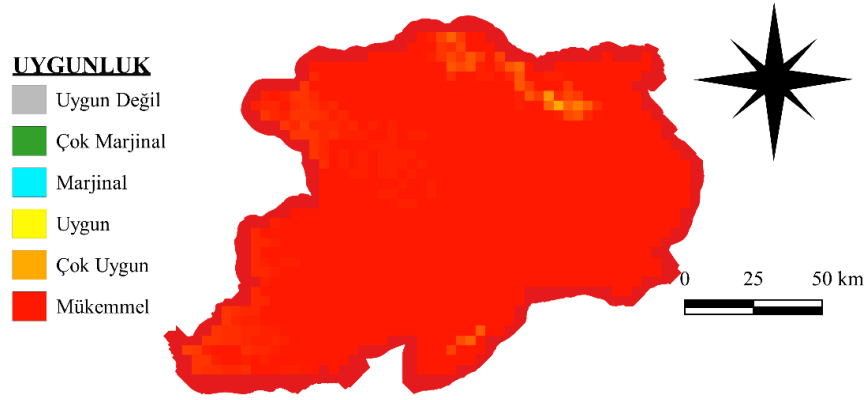
3.3. Kanola uygunluk değerlendirmesi

Kanola için yapılan günümüz ve gelecek 2050'ler için uygunluk haritaları Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi günümüzde marjinal, uygun ve çok uygun alanlar mevcutken HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasındaki belirgin fark ise RCP4.5 senaryosunda artan mükemmel alanların RCP8.5 senaryosunda daha az artmış olmasıdır.

(a) Günümüz



(b) HADGEM2_ES Model RCP4.5-2050'ler



(c) HADGEM2_ES Model RCP8.5-2050'ler



Figure 4. Suitability maps for canola (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 4. Kanola için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

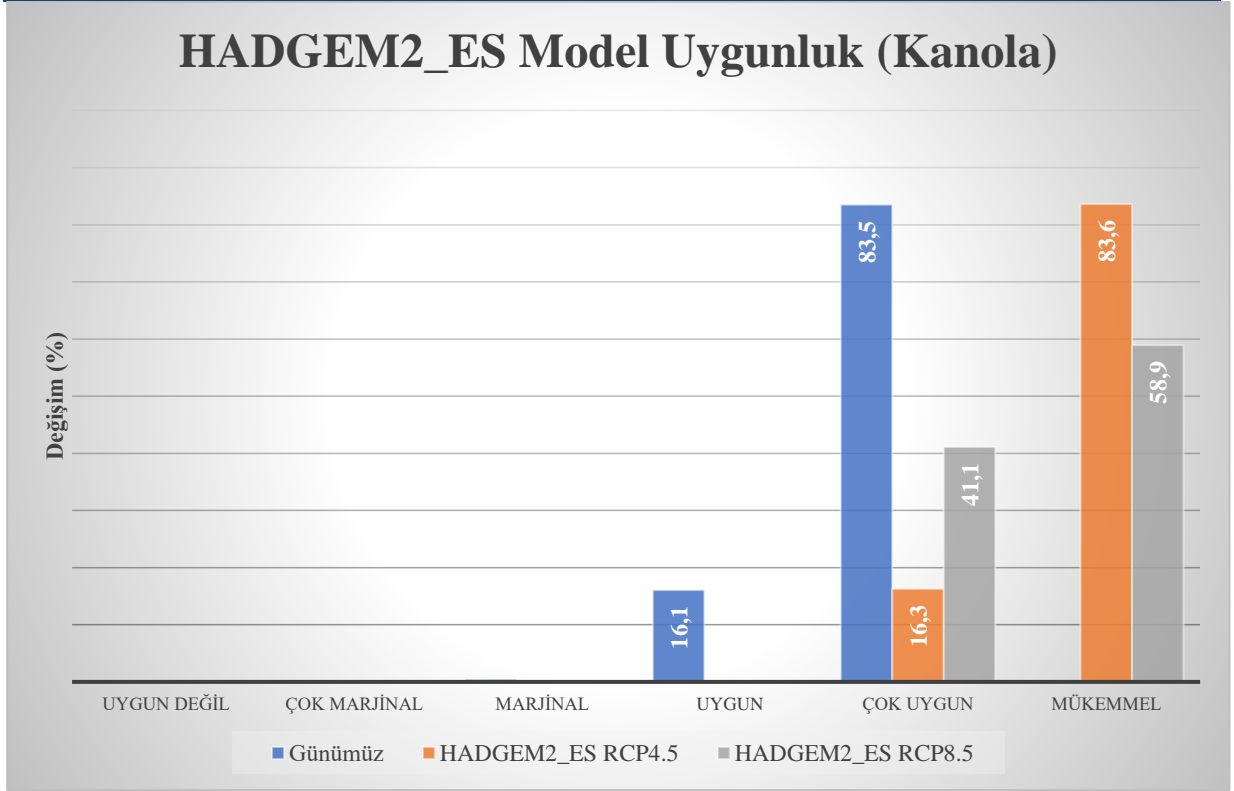


Figure 5. Shift in suitability for canola current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 5. Kanola için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

Şekil 5 değerlendirildiğinde günümüzde %0.4 marjinal, %16.1 uygun, %83.5 oranında çok uygun alanlar vardır. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ise %0.1 uygun, %16.3 çok uygun ve %83.6 oranında mükemmel alanlar oluşacağı tahmin edilmiştir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise %41.1 çok uygun ve %58.9 oranında mükemmel alanlar oluşacağı söz konusudur. Günümüz ile HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında her iki senaryoda da kanola yetiştirilen alanların 2050'lerde uygun ve çok uygun alanların belirgin bir şekilde yerini çok uygun ve özellikle mükemmel alanların alacağı gözükmektedir. HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldıklarında ise RCP4.5'ta mükemmel alanların RCP8.5 senaryo sonuçlarına göre daha çok arttığı görülmektedir. Aslında bu da beklenen bir durumdur. Çünkü RCP4.5 RCP8.5'a göre daha iyimser bir senaryodur. Aynı zamanda Aydın ve Sarptaş (2018)'de yaptıkları çalışmada Türkiye için kanolada günümüzdeki uygunluk değerlerinin giderek yüksek uygunluk değerine kaydığıdır şeklinde yorumlamışlardır. Çalışmalarındaki kanola için oluşturulan günümüz ve 2070 yılı haritası Trakya Bölgesi için incelendiğinde yüksek ve en yüksek uygun alanların 2070 yılında yerini sadece en yüksek iklimsel uygunluk alanlarının alacağı gözükmektedir. Bu sonuçlar da kanola için bu araştırma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir.

3.4. Ayçiçek uygunluk değerlendirmesi

Ayçiçek için yapılan günümüz ve gelecek 2050'ler için uygunluk haritaları Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Şekil 6'dan görsel olarak görüldüğü gibi günümüzde mükemmel alanlar mevcutken HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında da mükemmel alanlar mevcuttur. Bu sonuçlara göre ayçiçek için 2050'lerde uygunluk tahmininde mükemmel alanlarda günümüzle gelecek arasında bir değişiklik olmayacağı gözlenmiştir. Şekil 7'deki sayısal sonuçlar değerlendirildiğinde ise günümüzde %100 olan mükemmel alanlar 2050'lerde HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında da %100 oranında mükemmel alanlar olarak tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak, TR21 Trakya Bölgesi'nde günümüze göre HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda sıcaklık 3.0°C artarken, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 3.8°C sıcaklıkların artacağı, günümüze göre yağış değerlerinin ise HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 38 mm, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 46 mm artacağı tahmin edilmiştir. Buna göre buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların

(a) Günümüz



(b) HADGEM2_ES Model RCP4.5-2050'ler



(c) HADGEM2_ES Model RCP8.5-2050'ler



Figure 6. Suitability maps for sunflower (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 6. Ayçiçek için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

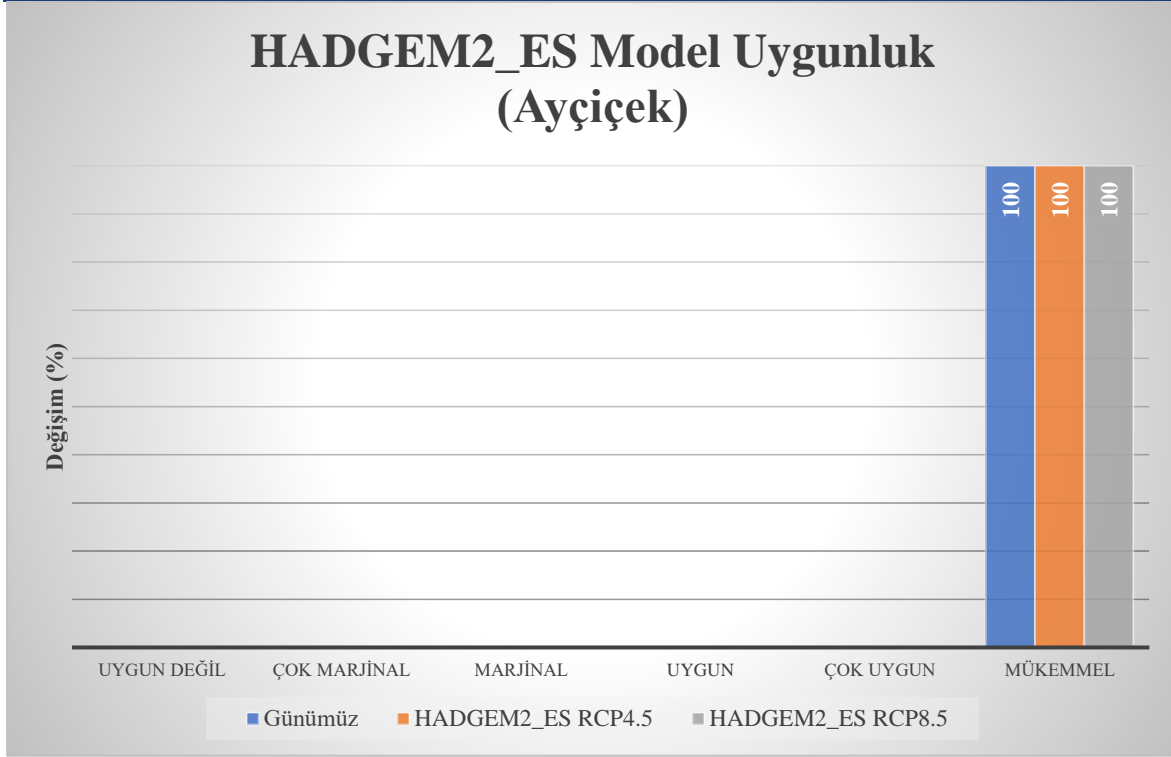


Figure 7. Shift in suitability change for sunflower current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 7. Ayçiçek için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı bu olumsuz durumun RCP8.5’te daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Kanolada ise günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Ayçiçekte ise sıcaklık artışlarına ve yağış artışlarına rağmen günümüzde mükemmel olan alanların 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında değişmeyeceği tahmin edilmiştir.

4. Sonuç

TR21 Trakya Bölgesi’nde buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı bu olumsuz durumun RCP8.5’te daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. İklim tahminlerine göre 2050’li yıllarda buğdayın gelişme döneminde düşen toplam yağış miktarında çok önemli bir değişim olmayacağı, sıcaklıklarda ise önemli artışlar olacağı dikkate alındığında; buğdayda uygunluğun azalmasında en önemli etkenin sıcaklık olacağı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla bölgede buğdayda sıcaklık toleransı ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmeli, sığağa dayanıklı buğday çeşitleri ıslah edilmelidir. Aynı zamanda aynı alanlarda yine buğday yetiştirilebilmesi için ekim ve hasat tarihi değişiminin gündeme gelmesi söz konusu olduğundan bu konuyla ilişkili çalışmalar planlanmalıdır. Buğday ile ilgili bölgede yapılan verim tahmini çalışmalarında, verim artışları olacağı tahmin edilen çalışmalar bulunsa da uygunluk açısından alanların azalacağı tahmin edilmiştir. Bu nedenle bu konuyla ilgili daha çok çalışmanın yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kanolada günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Kanola kışın ekildiğinden, daha az su isteği olduğundan, artan yaz sıcaklarına denk gelmediğinden ve yüksek miktarda verim alındığından dolayı çok önemli bir alternatif bitki olarak değerlendirilebilir.

Ayçiçeğinde sıcaklık artışlarına ve yağış artışlarına rağmen günümüzde mükemmel olan alanların 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında değişmeyeceği tahmin edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Anıl Saygın ŞEN'in "Trakya Bölgesi'nde Üretilen Bazı Kültür Bitkilerinin İklim Değişimine Uyumunun Modellenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Konukcu F., Deveci H., Şen A. S.; Materyal ve Metot: Deveci H., Şen A. S.; Veri Toplama ve İşleme: Şen A. S., Deveci H.; Literatür Tarama: Şen A. S.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Şen A. S., Deveci H., Konukcu F.

Kaynakça

- Abdallah, C. and Jaafar, H. (2019). Data set on current and future crop suitability under the Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5 emission scenario for the major crops in the Levant, Tigris-Euphrates, and Nile Basins. *Data in Brief*, 22: 992-997.
- Albut, S. ve Şener, M. (2023). QGIS ile Coğrafi Bilgi Sistemi Temel Uygulamaları. Platanus Publishing, Ankara.
- Almond, J. A., Dawkins, T. C. K. and Askew, M. F. (1986). Aspects of Crop Husbandry. Oilseed rape, Collins, London.
- Altürk, B., Bakanoğulları, F., Konukcu, F. ve Albut, S. (2019). TR21 Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin ayçiçeği ve buğday verimine etkisinin modellenmesi. Konukcu F., Albut S., Altürk B (Ed.). TR21 Trakya Bölgesinde iklim değişikliğinin etkileri ve uyum stratejileri. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları No: 2.08-027-0030/A-I, 104-117, Tekirdağ.
- Anonim (2022a). DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/climate> (Erişim Tarihi: 29.07.2022).
- Anonim (2022b). DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/> (Erişim Tarihi: 29.07.2022).
- Anonim (2023a). Buğday Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%C4%B0/Bu%C4%9Fday%20May%C4%B1s%20B%C3%BClteni.pdf> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023b). Kanola Üretimini Desteklerle Artırılması Hedefleniyor. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/kanola-uretiminin-desteklerle-artirilmasi-hedefleniyor/2316403> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023c). Ayçiçek Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCltenler/OCAK%202022/Ay%C3%A7i%C3%A7ek%C4%9Fi%20Ocak%20B%C3%BClteni.pdf> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023d). TR21 Trakya Bölge Planı Tekirdağ, Edirne, Kırklareli 2010. https://www.trakyaka.org.tr/upload/Node/33265/xfiles/tr_21_trakya_2010-2013.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2023).
- Aydın, F. (2015). *Enerji bitkisi yetiştirilebilecek alanların coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama ve analitik hiyerarşi prosesi desteği ile tespiti.* (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aydın, F. and Sarptaş, H. (2018). The impact of the climate change to crop cultivation: the case study with model crops for Turkey. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(3): 512-521.
- Aydın-Kandemir, F. and Sarptaş H. (2022). Geographic information systems-based land suitability assessment for switchgrass cultivation in marginal lands: a case study for Izmir-Turkey. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(3): 781-797.
- Bayraç, N. H. ve Doğan, E. (2016). Türkiye'de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1): 23- 48.
- Beltrán-Tolosa, L. M., Navarro-Racines, C., Pradhan, P., Cruz-Garcia, G. S., Solis, R. A. and Quintero, M. (2020). Action needed for staple crops in the Andean-Amazon foothills because of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(6): 1103-1127.
- CCAFS (2023). Climate Change Agriculture and Food Security. GCM Downscaled Data Portal. <https://www.ccafs-climate.org/> (Erişim Tarihi: 13.02.2023).
- Chhogyel, N., Ghimray, M. and Subedi, K. (2018). Crop suitability modelling for rice under future climate scenario in Bhutan. *Bhutanese Journal of Agriculture*, 1(1): 49-57.
- Coşkun, A. (2023). *Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin tahmin edilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Coşkun, A., Deveci, H. and Konukcu, F. (2023). Prediction of the effect of climate change on wheat yield in Thrace Region. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 11(5): 933-945.
- Deveci H. (2022). Estimation of wheat yield under combinations of different climate parameters with the LINTUL model in the Thrace region. *8th International Black Sea Coastline Countries Scientific Research Conference*. August, P.29-30, Sofia, Bulgaria.
- Deveci, H. (2015). *Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin yüzey su kaynakları, toprak nemi ve bitki verimine etkisinin modellenmesi.* (Doktora Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Deveci, H., Konukcu, F. ve Altürk, B. (2019). İklim değişikliğinin Trakya Bölgesi'nde buğday yetiştirilen toprağın nem profiline etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 202-218.
- Egbebiyi, T. S., Lennard, C., Crespo, O., Mukwenha, P., Lawal, S. and Quagraine, K. (2019). Assessing future spatio-temporal changes in crop suitability and planting season over West Africa: using the concept of crop-climate departure. *Climate*, 7(9): 102.
- FAO (2023). Food and Agriculture Organization. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-search> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).
- Hanedar, A., Çağlar, F. ve Görgün, E. (2019). Trakya Bölgesi iklim değerlendirmesi: Mevcut durum ve projeksiyonlar. Konukcu F., Albut S., Altürk B (Ed.). TR21 Trakya Bölgesinde iklim değişikliğinin etkileri ve uyum stratejileri. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları No: 2.08-027-0030/A-I, 1-22, Tekirdağ.
- Hijmans, R. J., Guarino, L. and Mathur, P. (2012). Manual of DIVA-GIS version 7.5. <http://www.diva-gis.org> (Erişim Tarihi: 13.06.2023).
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Cruz, M. and Rojas, E. (2001). Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant*

- Holzkmper, A., Calanca, P. and Fuhrer, J. (2011). Analyzing climate effects on agriculture in time and space. *Procedia Environmental Sciences*, 3: 58-62.
- Joshi, N. (2021). *Future crop suitability assessment and the integration of Orphan crops into Kenya's food systems*. (MSc. Thesis) University of Cape Town, Faculty of Science, Cape Town.
- Konukcu, F., Deveci, H. ve Altürk, B. (2020). Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin tahmin edilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 77-96.
- Labaioui, A. and Bouchoufi, K. (2021). Assessing the impact of climate change on land suitability for crops in El Hajeb province-Morocco. *African and Mediterranean Agricultural Journal Al Awamia*, 132: 65-90.
- Makinano-Santillan, M. and Santillan, J. R. (2015). GIS-based ecocrop modelling to assess potential climate change effects on Sago palm suitability distribution. *In Proceedings of the 36th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2015)*, P.91-7, Quezon City, Philippines.
- Manners, R., Vandamme, E., Adewopo, J., Thornton, P., Friedmann, M., Carpentier, S. and Thiele, G. (2021). Suitability of root, tuber, and banana crops in Central Africa can be favoured under future climates. *Agricultural Systems*, 193: 103246.
- MGM (2023a). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=TEKIRDAG> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- MGM (2023b). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KIRKLARELI> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- MGM (2023c). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=EDIRNE> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- Møller, A. B., Mulder, V. L., Heuvelink, G. B., Jacobsen, N. M. and Greve, M. H. (2021). Can we use machine learning for agricultural land suitability assessment?. *Agronomy*, 11(4): 703.
- Mulinde, C., Majaliwa, J. M., Twinomuhangi, R., Mfitumukiza, D., Waiswa, D., Tumwine, F. and Mukasa, D. (2022). Projected climate in coffee-based farming systems: implications for crop suitability in Uganda. *Regional Environmental Change*, 22(3): 83.
- Mumo, L., Yu, J., Ojara, M., Lukorito, C. and Kerandi, N. (2021). Assessing changes in climate suitability and yields of maize and sorghum crops over Kenya in the twenty-first century. *Theoretical and Applied Climatology*, 146: 381-394.
- Özdoğan M. (2011). Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1-2): 1-12.
- Pawar-Patil, V. S. and Mali, S. P. (2015). Ecocrop model approach for agro-climatic sugarcane crop suitability in Bhogawati river basin of Kolhapur district, Maharashtra, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 5(5): 259-264.
- QGIS (2023). Discover QGIS. <https://qgis.org/en/site/about/index.html> (Erişim Tarihi: 10.01.2023).
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A. and Läderach, P. (2013). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The Ecocrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 67-78.
- Rhiney, K., Eitzinger, A., Farrell, A. D. and Prager, S. D. (2018). Assessing the implications of a 1.5 C temperature limit for the Jamaican agriculture sector. *Regional Environmental Change*, 18: 2313-2327.
- Shikalgar, R. S. (2017). Site Suitability for Drought Resistant Crops In Man River Basin. *Journal of Current Science & Humanities*, 5(2): 26-31.
- Shiny, R., Sreekumar, J. and Byju, G. (2020). Coupled multi-model climate and climate suitability change predictions for major cassava growing regions of India under two representative concentration pathways. *Journal of Tropical Agriculture*, 57(2): 140-151.
- Süzer, S. (2022a). Ayçiçek Yetiştiriciliği. <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Aycicegi-Tarimi.pdf> (Erişim Tarihi: 18.02.2022).
- Süzer, S. (2022b). Buğday Yetiştiriciliği. <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Bugday-Tarimi.pdf> (Erişim Tarihi: 18.02.2022).
- Süzer, S. (2023). Kanola Tarımı. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=80#:~:text=Kanola%20bitkisi%20kumlu%20ve%20hafif,alkali%20ve%20hafif%20asit%20topraklard%C4%B1r> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- SYGM (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu. (Erişim Tarihi: 11.03.2023).
- SYGM (2020). İklim Değişikliği ve Uyum. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/iklimkitap2020.pdf> (Erişim Tarihi: 11.03.2023).
- Taba-Morales, G., Hyman, G., Mejía, J. R., Castro-Llanos, F., Beebe, S., Rubyogo, J. C. and Buruchara, R. (2020). Improving African bean productivity in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25: 1013-1029.
- Wichem, J., Descheemaeker, K., Giller, K. E., Ebanyat, P., Taulya, G. and Van Wijk, M. T. (2019). Vulnerability and adaptation options to climate change for rural livelihoods—A country-wide analysis for Uganda. *Agricultural Systems*, 176: 102663.
- Zagaría, C., Schulp, C. J., Malek, Ž. and Verburg, P. H. (2023). Potential for land and water management adaptations in Mediterranean croplands under climate change. *Agricultural Systems*, 205: 103586.

Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi ve Haritalanması*


Determining and Mapping the Fertility Levels of Agricultural Soils in Manisa Demirci and Selendi Districts of Manisa Province


Ömer SÖKMEN^{1*}, Nejat ÖZDEN², Selçuk GÖÇMEZ³, Nalan DOYURAN⁴


Öz


Sürdürülebilir tarımda toprağın verimliliği, ürünün verim gücünden daha önemlidir. Esasta ana öge topraktır. Toprağın verimliliği, bitkiler yetiştirmenin en önemli şartıdır. Toprakta bitki besin maddelerinin düşük düzeyde olması, yetersiz ve bilinçsiz kültürel işlemler (sulama, gübreleme, ilaçlama vb.) bitkinin sağlıklı gelişimini olumsuz etkiler. Verimli bir toprağın 0.45'inde mineral madde, 0.25'inde su, 0.25'inde oksijen ve 0.05'inde organik olması istenmektedir. Bu koşulları sağlamadığı durumlarda toprağın verim gücü düşük olmaktadır. İdeal bir tarım toprağında, tekstür, su tutma kapasitesi, toprak derinliği, pH, tuz ve kireç içeriği ile organik madde miktarı başlıca verimlilik göstergesidir. Verimliliğin düşük olduğu durumlarda, ekim nöbeti sistemlerinin uygulanması (bölgeye göre), bitki atıklarının yakılmasının önlenmesi, eğimli arazilerde eğime dik toprak işleme, toprak analizine dayalı gübreleme, organik maddeyi arttırıcı önlemler (yeşil gübreleme, kompost, hayvan gübresi uygulamaları) gibi yöntemlerle verimlilik arttırılabilir. Araştırma, Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım alanlarında toprakların verimlilik potansiyelini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma çerçevesinde, ilçelerin tarım alanlarını içine alacak şekilde, 0-20 cm derinlikten, 2500 mx2500 m gridlere bölünerek 83 noktadan örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan noktalarda; bünye, pH, EC, kireç, organik madde, makro (fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum) ve mikro element (demir, bakır, çinko, mangan) analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre, bölge üretim alanlarındaki toprakların %26.51'inin kumlu tın (SL), %24.10'unun killi tın (CL) bünyede, %40.96'sının nötr, %38.55'inin hafif alkali, tamamının tuzsuz, %37.35'inin az kireçli, %43.37'sinin organik madde içeriği az, %53.01'inde fosfor, %43.37'sinde magnezyum, %86.75'inde bakır yeter düzeyde, %61.45'inde potasyum, %66.27'sinde kalsiyum fazla seviyede, %65.06'sında demir yüksek, %48.19'unda çinko çok az ve %44.58'inde manganın az olduğu ortaya konulmuştur. Toprak özellikleri belirlendikten sonra, CBS sistemlerinde IDW yöntemi ile dağılım haritaları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak analizleri, Toprak verimliliği, Besin elementleri, IDW, Demirci, Selendi

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ömer Sökmen, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: omer.sokmen@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0001-6050-8883

² Nejat Özden, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: nejat.ozden@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-5508-8877

³ Selçuk Göçmez, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın/Türkiye. E-mail: selcuk.gocmez@adu.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5987-363X

⁴ Nalan Doyuran, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/Türkiye. E-mail: nalan.doyuran@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-6363-9798

Atıf: Sökmen, Ö., Özden, N., Göçmez, S., Doyuran, N. (2024). Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi ve haritalanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 517-532.

Citation: Sökmen, Ö., Özden, N., Göçmez, S., Doyuran, N. (2024). Determining and mapping the fertility levels of agricultural soils in Manisa Demirci and Selendi Districts of Manisa Province. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 517-532.

*Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/TSKAD/13/A13/P07/01-01 numaralı "İzmir, Manisa ve Aydın İlleri Tarım Topraklarının Bitki Besin Maddesi ve Potansiyel Toksik Element Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması" isimli projeden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

In sustainable agriculture, the fertility of the soil is more important than the yield strength of the product. In fact, the main element is the soil. The fertility of the soil is the most important condition for growing plants. The low level of plant nutrients in the soil, insufficient and inappropriate cultural applications (irrigation, fertilization, spraying, etc.) adversely affect the healthy crop growth. A fertile soil is required to have 0.45 mineral matter, 0.25 water, 0.25 oxygen and 0.05 organic matter. If these conditions are not met, the productivity of the soil decreases. In an ideal agricultural soil, texture, water holding capacity, soil depth, pH, salinity, lime content and organic matter are the main fertility indicators. If the fertility is low, it can be increased by methods such as crop rotation systems (depending on the region), prevention of burning of plant wastes (stubble), tillage perpendicular to the slope in sloping lands, fertilization based on soil analysis and applications to increase organic matter (green manure, compost, animal manure applications). The research was carried out in order to determine the fertility levels of agricultural soils in Demirci and Selendi districts of Manisa province. Within the scope of the research, 83 soil samples were taken from 0-20 cm soil depth with the grids of 2500 m x 2500 m to cover agricultural lands of the districts. In the soil samples; body, pH, EC, lime, organic matter, macro (phosphorus, potassium, calcium, magnesium) and microelement (iron, copper, zinc, manganese) analyzes were run. According to the results of the research, it has been found that 26.51% of the region's soil is sandy loam (SL), 24.10% is clayey loam (CL), 40.96% is neutral, 38.55% is slightly alkaline, all is salt-free, 37.35% is slightly calcareous, 43.37% has low organic matter, 53.01% has sufficient phosphorus levels, 43.37% has sufficient magnesium levels, 86.75% has sufficient copper levels, 61.45% has high potassium levels, 66.27% has high calcium levels, 65.06% has high iron levels, 48.19% has very low zinc levels and 44.58% has low manganese levels. After the determination of soil parameters, distribution maps were created using the IDW method in GIS systems.

Keywords: Soil analyses, Soil fertility, Nutrients, IDW, Demirci, Selendi

1. Giriş

Tarımsal üretimin temeli topraktır. Toprak hem kayaların parçalanması hem de organik maddenin çözünmesinden meydana gelen, birçok canlıya ev sahipliği yapan, bitkilere mekan ve besi ortamı sağlayan doğal bir yapıdır. Tarımda sağlıklı ürün elde edilmesinin ilk şartı, toprak verimliliğinin artırılmasıdır. Toprağın üretkenliğini etkileyen etmenlerin başında bitki besin elementleri gelmektedir. Bitkiler, ihtiyacı olan besin maddelerinin büyük bir kısmını topraktan alırlar. Bitki besin maddeleri makro ve mikro olarak ikiye ayrılırlar. Bunlardan karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum makro elementler olarak ayrılırken; demir, bakır, çinko, mangan, molibden, bor ve klor ise mikro elementler olarak tanımlanırlar. Sürdürülebilir toprak verimliliği için üretim alanlarının özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Toprağı tanıma çalışmaları yanından toprakta yapılan işlemlere ait geçmişin ve çevresel faktörlerin de bilinmesi iyi bir toprak yönetimi için gerekli şartlardan birisidir. Üretim alanlarının özelliklerinin saptanıp, elde edilecek sonuçların bir veri tabanında toplanması, bölge üretim alanlarının sürdürülebilir yönetimine yönelik gelecekte yapılacak çalışmalar için de yol gösterici olacaktır.

İnsanoğlunun sorumsuzca yaptığı gübreleme, ilaçlama ve sulama gibi uygulamalar neticesinde toprağın sürekliliği ve verimliliği azalmakta, toprak yorgunluğuna sebep olmaktadır. Toprak yorgunluğu da, çevre kirliliği kadar önemsenmese de, toprakların ekonomikliği açısından dikkat edilmesi gereken konulardan biridir (Bellitürk, 2011). Tarım yapılan topraklara uygulanan bitki besin maddeleri (gübreleme), doğru şekilde ve ihtiyacı kadar uygulandıkları şartlarda herhangi bir kirliliği sebep olmazlar. Fakat ihtiyaçtan fazla uygulanan besin maddeleri, diğer besin maddelerinin alınmasını engelledikleri için kirliletiçerici unsur olabilirler.

Üretim alanlarındaki toprak özelliklerine ait verilerin güncel olmayışı, toprak verimliliği açısından ülkemizde önemli bir sorun oluşturmaktadır. İhtiyaç duyulan toprak özelliklerine ait verilerin etkinliği, güncellikleri ile doğru orantılıdır. Tarım alanlarımızın özelliklerinin belirlenip, güncel veri tabanı oluşturulması, toprak kaynaklarının doğru kullanımına yönelik yeni çalışmalar için de ön bilgiler sağlayacaktır. Koordinatları belirlenmiş tarım alanlarından alınan topraklarda yapılacak analizler sonucunda, tespit edilen özelliklerin zamansal değişimleri de takip edilerek, üretim alanlarındaki olumlu-olumsuz değişimler izlenebilecektir.

Manisa ili Demirci ve Selendi ilçelerinde, tarım topraklarının verimlilik potansiyelinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarıyla değerlendirilmesi, elde edilen verilerin CBS kapsamında ters mesafe ağırlık yöntemi kullanılarak haritalanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Coğrafi konum

Manisa iline bağlı 1230 km² 'lik alana sahip Demirci ilçesi Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu kısmında 39° 2' 45" kuzey enlemleri ile 28° 39' 32" doğu boylamları arasında yer alır. İlçenin ortalama denizden yüksekliği ortalama 900 metre olup, il merkezine 165 km uzaklıktadır. Doğu ve kuzeydoğusunda Kütahya, kuzeyinde Balıkesir ili ile güneyinde Manisa ilçelerinden Selendi, Kula, batısında ise Gördes ile kısmen de Köprübaşı ilçeleri ile komşudur. Selendi ilçesi ise Manisa ilinin doğu kısmında 850 km²'lik yüz ölçüme sahip olup 38° 44' 38" kuzey enlemleri ve 28° 52' 2" doğu boylamlarında bulunmaktadır. Kuzeyinde Kütahya ili Simav ilçesi ve Demirci, batısında Kula ve Demirci ilçeleri, doğusunda Uşak, güneyinde yine Uşak ve Kula yer almaktadır (*Şekil 1*).

2.1.2. İklim özellikleri

Çalışma alanı, Karasal iklim ve Akdeniz ikliminin geçiş bölgesinde yer alır. Bölgede aylık ortalama sıcaklık 13.6°C olup, en yüksek sıcaklık 39.0°C ile temmuz, en düşük sıcaklığın ise -12.6°C ile şubat ayında saptanmıştır. Ortalama yağış 624 mm, nispi nem %58.5'dir. Rüzgâr hızı ortalama 2.8 m sn⁻¹'dir. Aylık ortalama sisli günler sayısı 7.35 olup, bulutlu günler sayısı 197.5'dir. Aylık ortalama kar yağışlı günler sayısı ise 7.76'dır. En hızlı rüzgâr yönünün NNW ve hızının ise 35.1 m sn⁻¹ olduğu görülmektedir (Anonim, 2019).



Figure 1. Research area

Şekil 1. Araştırma alanı

2.2. Metot

Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım alanlarında örnekleme yapılarak, verimlilik durumlarının belirlenmesi ile haritalanması amacıyla gerçekleştirilen bu araştırma başlıca 4 aşamada yürütülmüştür.

2.2.1. Üretim alanlarında toprak örneklerinin alınması

Çalışmada, alınacak toprak örneği sayısını tespit etmek için üretim alanları, 2500 m x 2500 m'lik gridlere bölünmüş ve 83 örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 2). Belirlenen örnekleme noktalarına gidilerek 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır.

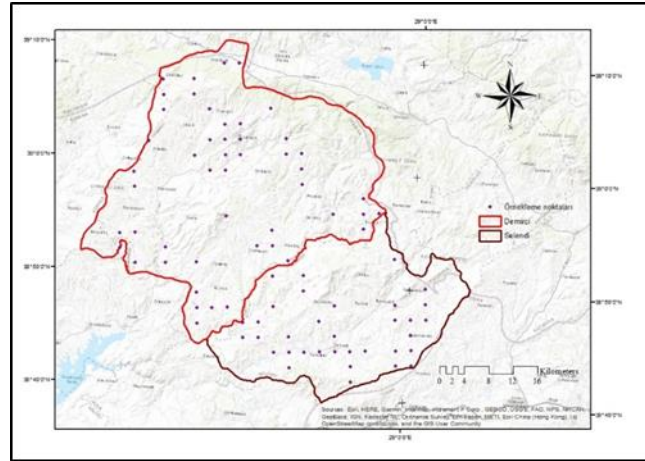


Figure 2. Soil sampling points

Şekil 2. Toprak örnekleme noktaları

2.2.2. Toprak örneklerinde laboratuvar analizleri

Laboratuvarında kurutulmuş toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elenmiş ve analize tabi tutulmuştur. Örneklerde; kum, kil ve silt yüzdeleri, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards, 1954). Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, saturasyon çamurunda kondaktivite cihazı ile ölçülmesiyle (Aydemir, 1992); kireç (CaCO₃) içerikleri, Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla (Hızalan ve Ünal, 1966); organik madde, modifiye Walkley-Black yöntemiyle saptanmıştır (Jackson, 1962). Alkalın ve nötr karakterli toprakların fosfor içerikleri Olsen (1954) yöntemine göre, asit karakterli toprakların fosfor içerikleri ise Bray ve Kurtz (1945) yöntemine göre, potasyum Pratt (1965), kalsiyum ve magnezyum Jackson (1962)'a göre, alınabilir mikro element

(Zn, Fe, Mn, Cu) miktarları, Lindsay ve Norvell (1978)'e göre, DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir.

2.2.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışma alanı topraklarında yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre saptanan veriler *Tablo 1*'deki sınır değerlere göre incelenmiştir. Verilerin istatistiki analizlerinde SPSS paket programı kullanılmıştır.

Tablo 1. Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler

Table 1. Limit values used in the evaluation of soil analysis results

Özellik	Yeterlik Sınıfı					
	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali
pH	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5
EC (dS m ⁻¹)	Tuzsuz	Hafif tuzlu	Orta tuzlu	Kuvvetli tuzlu	Çok kuvvetli tuzlu	
	<2	2-4	4-8	8-16	>16	
Kireç (CaCO ₃) (%)	Az kireçli	Kireçli	Orta kireçli	Fazla kireçli	Çok fazla kireçli	
	0-1	1-5	5-15	15-25	>25	
Organik madde (%)	Çok az	Az	Orta	İyi	Yüksek	
	0-1	1-2	2-3	3-4	>4	
Fosfor (mg kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<2.5	2.5-8	8-25	25-80	>80	
Potasyum (cmol kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.13	0.13-0.28	0.28-0.74	0.74-2.56	>2.56	
Kalsiyum (cmol kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<1.19	1.19-5.75	5.75-17.5	17.5-50	>50	
Magnezyum (cmol kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.42	0.42-1.33	1.33-4	4-12.5	>12.5	
Demir (mg kg ⁻¹)	Az	Orta	Yüksek			
	<2.5	2.5-4.5	>4.5			
Bakır (mg kg ⁻¹)	Yetersiz	Yeterli				
	<0.2	>0.2				
Çinko (mg kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<0.2	0.2-0.7	0.7-2.4	2.4-8	>8	
Mangan (mg kg ⁻¹)	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla	
	<4	4-14	14-50	50-170	>170	

2.2.4. Veri tabanı oluşturma ve haritalama

Çalışmada; bölgeye ait temel coğrafi veriler ile analiz sonuçlarından elde edilen veriler, ArcGIS ortamında oluşturulan veri tabanına yüklenerek analizleri yapılmış ve haritalar oluşturulmuştur. Arazide belli bir koordinat sisteminde alınan topraklara ait analiz değerleri kullanılarak, deterministik bir yöntem olan "Inverse Distance Weighting (IDW)" enterpolasyon metodu ile haritalar üretilmiştir.

IDW'de formülasyonu (Loyd, 2007);

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (\text{Eş. 1})$$

şeklinde dir.

1 numaralı denklemde; tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur ($z(X_{0i})$ ve $i=1,2,\dots,n$); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Araştırma alanı topraklarına ait analiz sonuçlarına ait istatistiksel değerler *Tablo 2* ve *3*'te, toprak kriterlerine ait değerlendirmeler ise *Tablo 4* ve *5*'te verilmiştir.

Toprak tekstürü, kum, kil ve silt niceliğinin oransal tespiti dir. Tekstür, toprakta değişimi minimum düzeyde olan önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Tekstür, toprağın işlenebilirliğini, suyun tutma kapasitesini ve hareketini, agregat oluşumu, erozyona karşı direncini ve bitki besin maddesi muhteviyatını önemli oranda etkilemektedir (Brady ve Weil, 2008). Tablodan da görüldüğü gibi, araştırma alanı topraklarının yarısını kumlu tın (%26.51) ve killi tın (%24.10) bünyeli topraklar oluşturmaktadır ve bunu kumlu killi tın, kil ve tınlı kum bünye sınıfları izlemektedir (*Şekil 3, 4* ve *5*).

Tablo 2. Araştırma alanı topraklarına ait fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden tanımlayıcı istatistikler

Table 2. Descriptive statistics in terms of physical and chemical properties of the soils of the research area

	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Kireç (CaCO ₃) (%)	Org. Madde (%)
En Düşük	23.28	5.28	1.28	5.10	0.05	0.01	0.59
En Yüksek	90.72	36.00	55.44	7.93	2.19	42.65	3.87
Ortalama	54.51	20.57	24.92	7.13	0.55	9.58	1.73
Basıklık	0.34	0.05	0.25	-1.25	1.66	1.41	0.73
Çarpıklık	-0.95	-0.42	-0.81	0.72	6.25	0.83	0.03
Ortanca	53.84	20.72	22.72	7.35	0.54	3.95	1.52
Std. Sapma	16.92	6.44	1.40	0.69	0.34	12.70	0.78
Varyans	286.30	41.51	195.37	0.48	0.11	161.18	0.62
Değ. Kat.	31.04	31.31	5.62	9.68	61.82	132.56	45.09

Tablo 3. Araştırma alanı topraklarına ait makro ve mikro elementler yönünden tanımlayıcı istatistikler

Table 3. Descriptive statistics in terms of macro and micro elements belonging to the soils of the research area

	Fosfor (mg kg ⁻¹)	Potasyum (cmol kg ⁻¹)	Kalsiyum (cmol kg ⁻¹)	Magnezyum (cmol kg ⁻¹)	Demir (mg kg ⁻¹)	Bakır (mg kg ⁻¹)	Çinko (mg kg ⁻¹)	Mangan (mg kg ⁻¹)
En Düşük	1.22	0.25	1.55	0.48	1.36	0.01	0.01	1.06
En Yüksek	109.62	3.46	57.62	13.55	182.98	14.37	3.94	48.35
Ortalama	14.77	1.06	24.42	4.08	14.66	0.95	0.51	8.33
Basıklık	3.72	1.25	0.24	1.25	4.51	7.66	2.83	2.52
Çarpıklık	19.76	2.10	-0.62	0.84	26.08	65.13	8.59	5.84
Ortanca	10.86	0.96	23.07	2.97	6.21	0.69	0.22	4.40
Std. Sapma	14.92	0.60	13.28	3.17	24.86	1.58	0.76	10.36
Varyans	222.49	0.36	176.29	10.05	618.04	2.50	0.57	107.30
Değ. Kat.	101.02	56.60	54.38	77.70	169.58	166.32	149.01	124.37

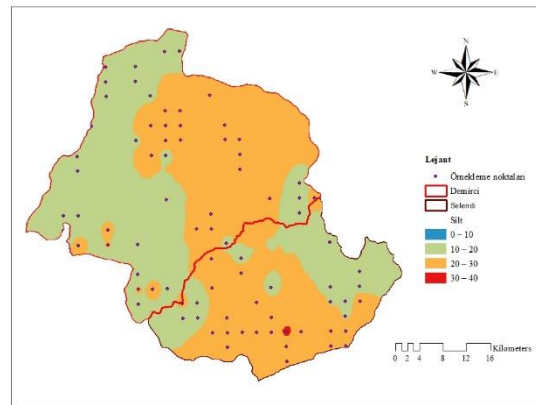


Figure 3. Change in the sand content of the soils of the region

Şekil 3. Bölge topraklarının kum içeriğine ait değişimi

Tablo 4. Araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden sınıflandırılması

Table 4. Classification of the soils of the research area in terms of physical and chemical properties

Toprak Özellikleri	Sınır Değerler	Değerlendirme	Örnek Sayısı		Toplam	%
			Demirci	Selendi		
Bünye	-	Kum		1	1	1.20
	-	Tınlı Kum	9	2	11	13.25
	-	Kumlu Tın	18	4	22	26.51
	-	Tın	3	2	5	6.02
	-	Siltli Tın				
	-	Silt				
	-	Kumlu Killi Tın	4	8	12	14.46
	-	Killi Tın	8	12	20	24.10
	-	Siltli Killi Tın				
	-	Kumlu Kil				
pH	-	Siltli Kil				
	-	Kil	7	5	12	14.46
	<4.5	Kuvvetli asit				
	4.5-5.5	Orta asit	3		3	3.61
	5.5-6.5	Hafif asit	10	4	14	16.87
	6.5-7.5	Nötr	27	7	34	40.96
EC (dS m ⁻¹)	7.5-8.5	Hafif alkali	9	23	32	38.55
	>8.5	Kuvvetli alkali				
	<2	Tuzsuz	49	34	83	100.00
	2-4	Hafif tuzlu				
Kireç (CaCO ₃) (%)	4-8	Tuzlu				
	8-16	Çok tuzlu				
	>16	Aşırı tuzlu				
	<1.0	Az kireçli	20	11	31	37.35
	1.0-5.0	Kireçli	9	6	15	18.07
Org. madde (%)	5.0-15.0	Orta kireçli	11	5	16	19.28
	15.0-25.0	Fazla kireçli	6	3	9	10.84
	>25.0	Çok fazla kireçli	3	9	12	14.46
	<1.0	Çok az	17	2	19	22.89
Org. madde (%)	1.0-2.0	Az	17	19	36	43.37
	2.0-3.0	Orta	11	12	23	27.71
	3.0-4.0	İyi	4	1	5	6.02
	>4.0	Yüksek				

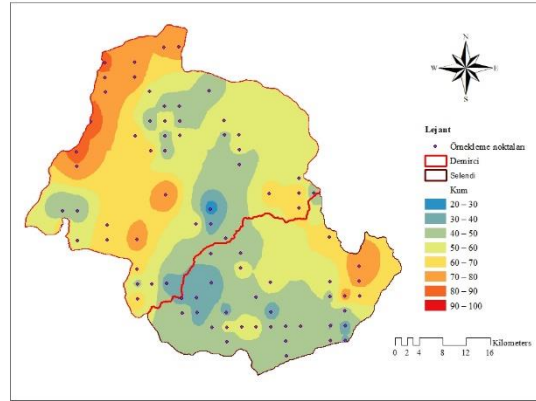


Figure 4. Change in the silt content of the soils of the region

Şekil 4. Bölge topraklarının silt içeriğine ait değişimi

Tablo 5. Araştırma alanı topraklarının makro ve mikro elementler yönünden sınıflandırılması

Table 5. Classification of the soils of the research area in terms of macro and micro elements

Toprak Özellikleri	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı		Toplam	%
			Demirci	Selendi		
Fosfor (mg kg ⁻¹)	<2.5	Çok az		2	2	2.41
	2.5-8	Az	12	14	26	31.33
	8-25	Yeter	31	13	44	53.01
	25-80	Fazla	6	4	10	12.05
	>80	Çok fazla		1	1	1.20
Potasyum (cmol kg ⁻¹)	<0.13	Çok az		2	2	2.41
	0.13-0.28	Az	2		2	2.41
	0.28-0.74	Yeter	20	9	29	34.94
	0.74-2.56	Fazla	26	25	51	61.45
	>2.56	Çok fazla	1		1	1.20
Kalsiyum (cmol kg ⁻¹)	<1.19	Çok az				
	1.19-5.75	Az	7	1	8	9.64
	5.75-17.5	Yeter	12	6	18	21.69
	17.5-50	Fazla	29	26	55	66.27
	>50	Çok fazla	1	1	2	2.41
Magnezyum (cmol kg ⁻¹)	<0.42	Çok az				
	0.42-1.33	Az	10	3	13	15.66
	1.33-4	Yeter	28	8	36	43.37
	4-12.5	Fazla	11	21	32	38.55
	>12.5	Çok fazla		2	2	2.41
Demir (mg kg ⁻¹)	<2.5	Az	3	7	10	12.05
	2.5-4.5	Orta	11	8	19	22.89
	>4.5	Yüksek	35	19	54	65.06
Bakır (mg kg ⁻¹)	<0.2	Yetersiz	11		11	13.25
	>0.2	Yeterli	38	34	72	86.75
	<0.2	Çok az	26	14	40	48.19
Çinko (mg kg ⁻¹)	0.2-0.7	Az	12	13	25	30.12
	0.7-2.4	Yeter	8	6	14	16.87
	2.4-8	Fazla	3	1	4	4.82
	>8	Çok fazla				
	<4	Çok az	21	12	33	39.76
Mangan (mg kg ⁻¹)	4-14	Az	26	11	37	44.58
	14-50	Yeter	2	11	13	15.66
	50-170	Fazla				
	>170	Çok fazla				

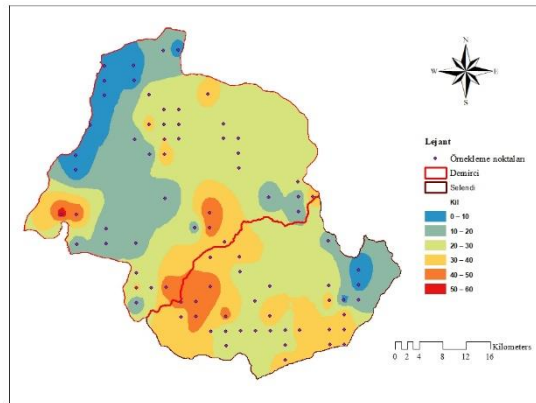


Figure 5. Change in the clay content of the soils of the region

Şekil 5. Bölge topraklarının kil içeriğine ait değişimi

Toprak reaksiyonu (pH), toprağın verim gücünü belirleyen önemli kriterlerden biridir. pH; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Brady ve Weil, 2008; Sağlam, 2008). Araştırma alanı topraklarında pH; 5.10-7.93 arasında değişmekte olup, toprakların %40.96'sının nötr, %38.55'inin hafif alkali karakterde olduğu saptanmıştır. pH'sı 7.5'in üzerinde olan topraklara kükürt ve jips uygulamaları ile pH düşürülebilir (Şekil 6).

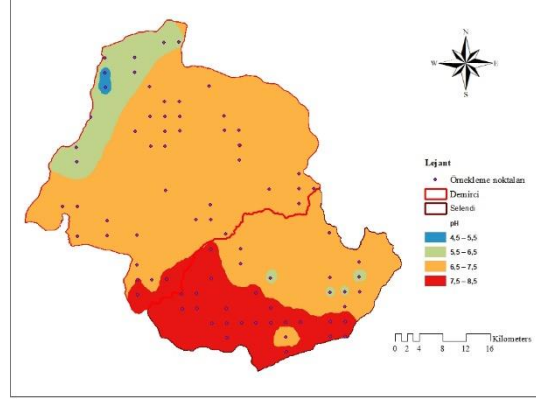


Figure 6. Change in the pH content of the soils of the region

Şekil 6. Bölge topraklarının pH içeriğine ait değişimi

Bitki besin maddelerinin topraktaki miktarının eksik veya çokluğu bitkinin düzenli gelişimini etkilemektedir. Örnek olarak, toplam eriyebilir yüksek tuz içeriği gösterilebilir. Bitki gelişimi, tuz ihtivası 0.1 kg olan toprakta, 0.15 kg'ın üzerinde olma durumunda bitki büyümesini olumsuz etkiler (Altınbaş ve ark., 2004). Örnekleme yapılan noktalarda EC; 0.05-2.19 dS m⁻¹ arasında olup, toprakların tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

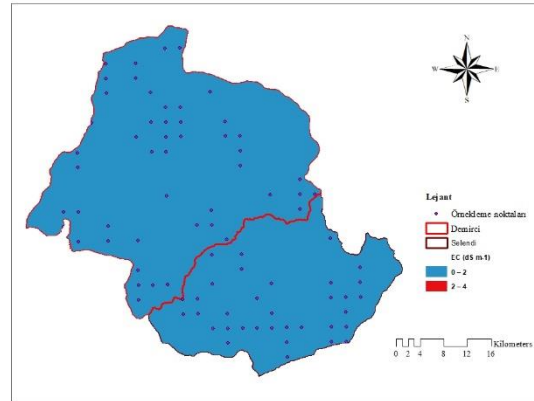


Figure 7. Change in the EC content of the soils of the region

Şekil 7. Bölge topraklarının EC içeriğine ait değişimi

Topraklarda kireç çoğunlukla CaCO₃ veya CaMg(CO₃)₂ şeklinde bulunur. Kireç, suyun etkisi ile çözünerek iyonlara ayrılır. Bunların ortamda fazla bulunması bitkinin beslenmesi açısından sorun oluşturur. Araştırma alanı topraklarında kireç (CaCO₃); %0.01-42.65 arasında değişmekte olup, toprakların %37.35'inin az kireçli, %19.28'inin orta kireçli ve %18.07'sinin ise kireçli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).

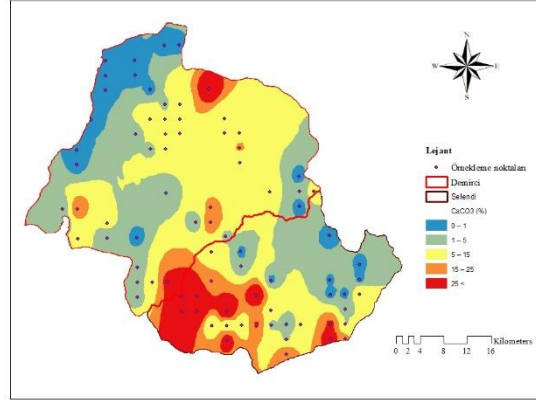


Figure 8. Change in the $CaCO_3$ content of the soils of the region

Şekil 8. Bölge topraklarının $CaCO_3$ içeriğine ait değişimi

Topraktaki azotunun büyük bir kısmını toprak organik maddesi oluşturur (Altınbaş ve ark., 2004). Bölge topraklarının organik madde miktarı; %0.59-3.87 arasında olup, toprakların %43.37'sinde az düzeyde organik madde kapsadığı bulunmuştur. Organik madde, toprağın verim kabiliyetini etkileyen öncelikli kriterlerden biridir. Minimum toprak işleme, yeterli-zamanında yapılan azotlu gübre uygulamaları, yeşil gübreleme ve olgunlaştırılmış ahır gübresi uygulamaları yapılarak organik madde seviyesi toprakta zenginleştirilebilir (Şekil 9).

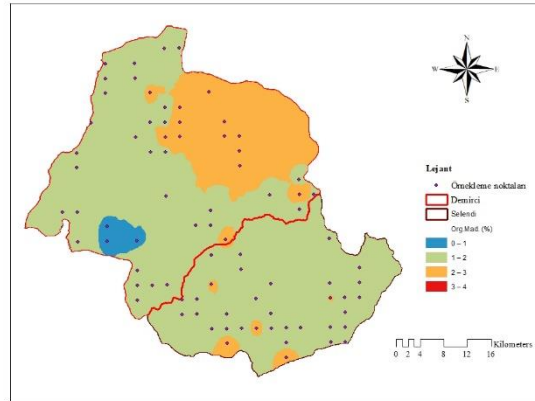


Figure 9. Change in the organic matter content of the soils of the region

Şekil 9. Bölge topraklarının organik madde içeriğine ait değişimi

Özdemir (2019), değişik arazi kullanım türlerindeki toprakların özelliklerini açıklamak amacıyla, Manisa-Demirci yöresinde yaptığı çalışmada iki farklı derinlikten (0-30, 30-60 cm) tesadüfi olarak toprak örnekleme yapmıştır. Yapılan analizlere göre, toprakların; bünye sınıfını kumlu balçık özellikte, nötr reaksiyonlu, tuzsuz ve az kireçli olarak saptamıştır. Özkan (2021), Manisa ili, Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların büyük çoğunluğunun hafif alkali, %55.70'inin orta kireçli, %73.34'ünün tuzsuz ve %60.99'unda ise organik maddenin düşük olduğunu saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa'da yaptıkları çalışmada, il topraklarının %33.29'unun kumlu tın, %62.20'sinin hafif alkali, %94.36'sının tuzsuz, %33.57'sinin orta kireçli, %64.88'inin organik madde içeriğini düşük olarak belirlemişlerdir.

Toprakta fosfor; bitkilerin gereksinim duyduğu mutlak elementlerden biridir. Bitki açısından fosfor; kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, dölleme ile hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından önemli besin elementidir. Fakat fosforun topraktaki fiksasyonu fazla olduğu için bitki açısından da elverişliliği ortam şartlarına göre az olabilmektedir. Toprakta fosfor fiksasyonuna toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler etki eder (Bilen ve Sezen, 1993). Araştırma alanı topraklarında

fosfor; 1.22-109.62 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %53.01'inde yeter ve %31.33'ünde fosforun az seviyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 10).

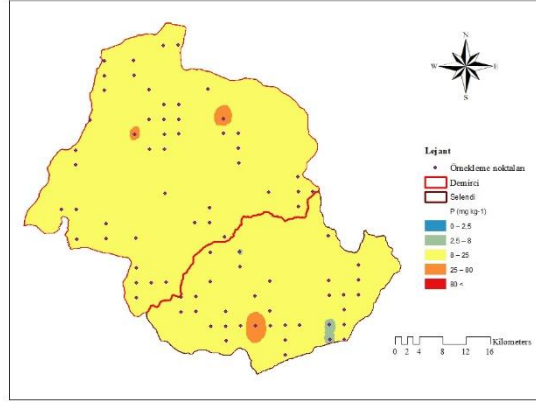


Figure 10. Change in the phosphorus content of the soils of the region

Şekil 10. Bölge topraklarının fosfor içeriğine ait değişimi

Potasyum, toprakta en fazla bulunan besin maddelerinden biridir. Toprak çözeltisinde bulunan potasyum, inorganik ve organik toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilmiş değişebilir potasyum ve minerallerin yapısında bulunan potasyum olmak üzere üç grup altında tanımlanır. Toprakların kil miktarı ve çeşidi, kireç içeriği, pH değeri gibi diğer bazı toprak özelliklerinin toprakta potasyumun serbest bırakılması veya fikse edilmesi gibi süreçler üzerinde etkili olmasından dolayı potasyumun toprakta dağılımı değişkenlik göstermektedir (Bilen ve Sezen, 1993). Araştırma alanı topraklarında potasyum; 0.25-3.46 cmol kg⁻¹ arasında ve toprakların %61.45'inde potasyumun fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).

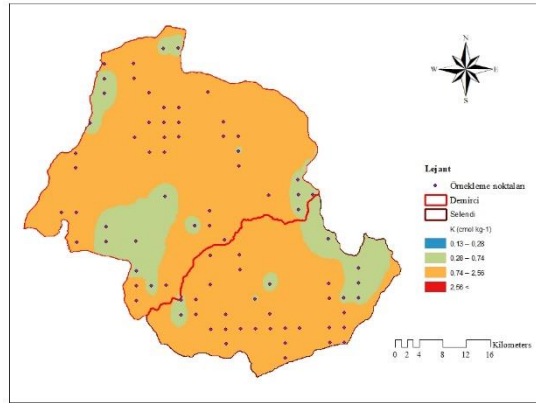


Figure 11. Change in the potassium content of the soils of the region

Şekil 11. Bölge topraklarının potasyum içeriğine ait değişimi

Kalsiyum bitkiler için önemli besin maddelerinden biridir. Kalsiyum toprakta; primer mineraller, alüminyum silikatlar (feldispatlar ve amfiboller), kalsiyum fosfatlar ve kireçli topraklarda kalsit veya dolomit şeklinde bulunur. Kalsiyum; bitki hücre çeperinin önemli unsurlarından biridir, bitki köklerinin gelişmesinde ve meyve kalite özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır. Araştırma alanı topraklarında kalsiyum 1.55-57.62 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %66.27'sinde fazla seviyede olduğu saptanmıştır (Şekil 12).

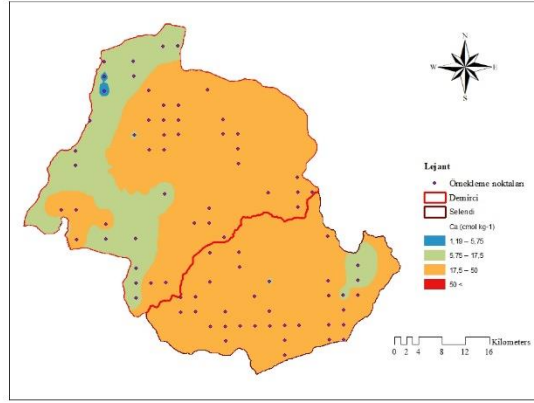


Figure 12. Change in the calcium content of the soils of the region

Şekil 12. Bölge topraklarının kalsiyum içeriğine ait değişimi

Magnezyum; bitkilerde yaprağın yeşil rengini veren klorofilin temel yapı taşı olmakla birlikte, protein sentezinde, enzimatik tepkimelerde ve vitaminlerin ortaya çıkmasında etkili olan mikro elementlerden biridir. Araştırma alanı topraklarında magnezyum; 0.48-13.55 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %43.37'sinde yeter, %38.55'inde fazla düzeyde belirlenmiştir (Şekil 13).

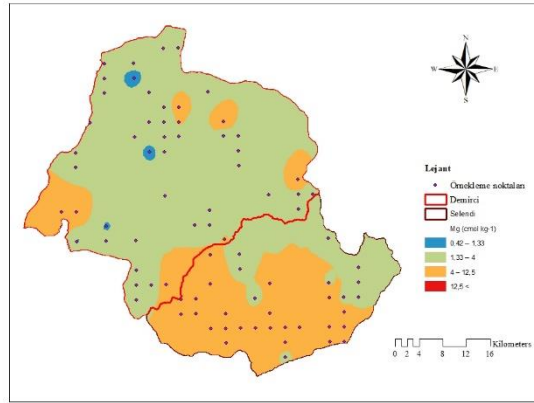


Figure 13. Change in the magnesium content of the soils of the region

Şekil 13. Bölge topraklarının magnezyum içeriğine ait değişimi

Özdemir (2019); değişik arazi kullanım türlerindeki toprakların özelliklerini açıklamak amacıyla, Manisa-Demirci yöresinde yaptığı araştırmada, orman topraklarında 21.34 mg kg⁻¹ fosfor, 206.21 mg kg⁻¹ potasyum, 46.09 mg kg⁻¹ magnezyum, tarım topraklarında 16.94 mg kg⁻¹ fosfor, 203.32 mg kg⁻¹ potasyum, 49.51 mg kg⁻¹ magnezyum, mera topraklarında 7.59 mg kg⁻¹ fosfor, 151.57 mg kg⁻¹ potasyum ile 72.85 mg kg⁻¹ magnezyum tespit etmiştir. Özkan (2021), Manisa ilinin Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların %67.58'inde fosforun düşük, %45.57'sinde potasyumun yeterli, %54.12'sinde kalsiyumun çok fazla, %87.68'inde magnezyumun orta düzeyde olduğunu saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa ilinde yaptıkları çalışmada, toprakların %25.39'unda çok yüksek alınabilir fosfor ve %94.07'sinde ise alınabilir potasyumun yüksek olduğunu saptamışlardır

Mikro elementler bitki bünyesinde ve topraklarda makro elementlere göre oransal olarak daha küçük yoğunlukta yer alırlar. Demir, bakır, çinko ve mangan mikro elementlerden bazılarıdır (Koca ve ark., 2019).

Asit tepkimeli topraklarda çözünebilir demirin fazla miktarda olmasına karşılık nötr ve alkali toprak pH'sında demirin çözünürlüğü azalmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde oluşan topraklarda yetiştirilen bitkilerde noksanlığı en çok görülen besin maddesidir. Kurak koşullarda, toprakta fazla miktarda kireç bulunması ve toprak pH'sının yüksek olması durumunda toprakta demir noksanlığı görülmesi olasıdır. Toprak analiz sonuçlarına göre,

demir elementi miktarı; 1.36-182.98 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %65.06'sında demirin yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 14).

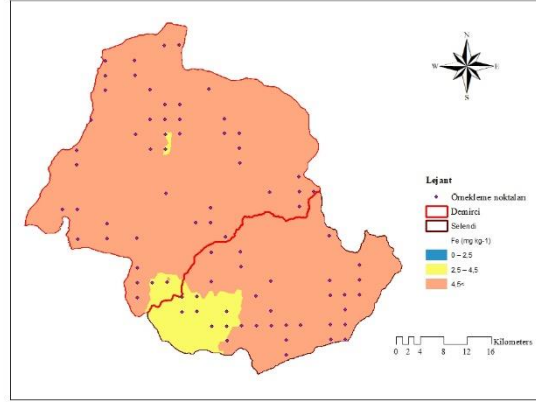


Figure 14. Change in the iron content of the soils of the region

Şekil 14. Bölge topraklarının demir içeriğine ait değişimi

Bakır, bitkiler tarafından az miktarda kullanılan besin elementidir. Bitkiler tarafından az kullanılması, bu elementin diğer elementlerden daha önemsiz olduğunu göstermez. Bitki bünyesinde protein tüketimini ayarlayan, klorofil yapıları ve solunumda görev alan bir elementtir (Aktaş ve Ateş, 1998). Toprak analiz sonuçlarına göre bölge topraklarının bakır düzeyi; 0.01-14.37 mg kg⁻¹ arasında olup %86.75'inde bakırın yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).

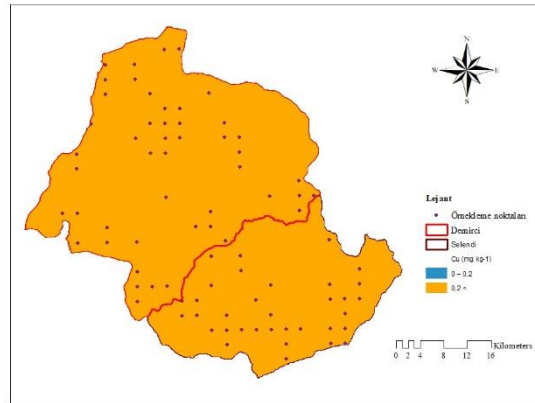


Figure 15. Change in the copper content of the soils of the region

Şekil 15. Bölge topraklarının bakır içeriğine ait değişimi

Çinko, çinko sülfat şeklindedir. Fakat silikatlarda Mg²⁺ ile yer değiştirdiği bilinir. Havalanma işlemleri sırasında özellikle asit oksitleyici çevrelerde çinko mineralinin çözünmesiyle Zn²⁺ oluşur. Fakat çinko mineral ve organik maddelerce kolayca adsorbe olur ve böylece tüm toprak çeşitlerinde yüzeyde çinko birikimi gözlenir (Bakırcıoğlu, 2009). Bölge topraklarının çinko düzeyi; 0.01-3.94 mg kg⁻¹ değerleri arasında ve %48.19'unda çinkonun az, %30.12'sinde az düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 16).

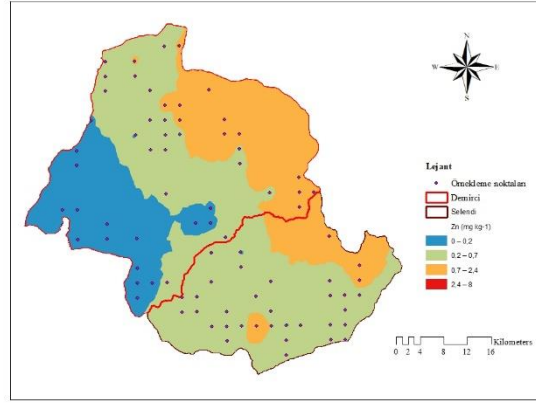


Figure 16. Change in the zinc content of the soils of the region

Şekil 16. Bölge topraklarının çinko içeriğine ait değişimi

Mangan elementi, toprak çözeltilerinde basit veya kompleks iyonları şeklinde olabilir. Bütün Mn bileşikleri toprak için önemlidir. Bölge topraklarında mangan miktarı; 1.06-48.35 mg kg⁻¹ arasında ve %44.58’inde az, %39.76’ında ise manganın çok az düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 17).

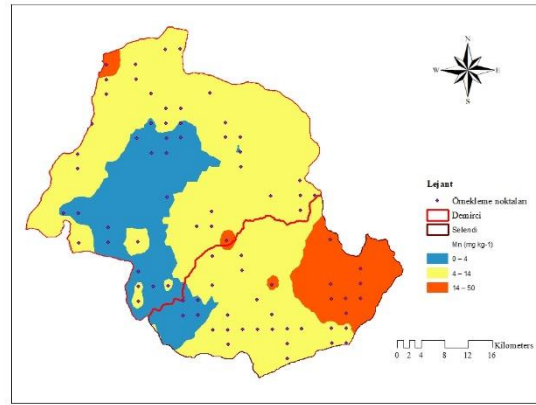


Figure 17. Change in the manganese content of the soils of the region

Şekil 17. Bölge topraklarının mangan içeriğine ait değişimi

Eyüpoğlu ve ark. (1996), Türkiye topraklarının mikro element kapsamlarını saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada Manisa ili topraklarının %45.25’inde demir element miktarını 4.5-9 mg kg⁻¹ arasında, %48.48’inde bakır miktarını 1.0-1.6 mg kg⁻¹, %57.58’inde çinko miktarını <0.5 mg kg⁻¹ ve %72.72’inde mangan miktarını 10-20 mg kg⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Özkan (2021), Manisa ili, Demirci ilçesinde tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, toprakların %51.31’inde çinko miktarını çok düşük, %80.44’ünde mangan miktarını çok yüksek, %51.78’inde demir ve %56.40’ında bakır miktarını orta seviyede saptamıştır. Özden ve ark. (2022), Manisa ilinde yürüttükleri çalışmada ilin tarım topraklarının %67.84’ünde demir, %95.35’inde bakırın yeterli, %56.84’ünde mangan ve %42.59’unda çinko elementinin az seviyede olduğunu bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Araştırma sonuçlarına göre; Manisa ili Demirci ve Selendi ilçeleri tarım topraklarının genellikle kumlu tın, killi tın tekstürlü, nötr-hafif alkali düzeyde, tuzsuz, az-orta kireçli, düşük organik maddece az olduğu belirlenmiştir. Topraklar makro elementler açısından değerlendirildiğinde fosfor ve magnezyum bakımından yeterli seviyede, potasyum ve kalsiyum bakımından ise yüksek düzeyde saptanmıştır. Mikro elementler düzeyinde değerlendirildiğinde demir yüksek, bakır yeterli, çinko çok az ve mangan ise çok az-az seviyede saptanmıştır.

Tarımsal üretimin temelini toprak oluşturmaktadır. Verimliliğin artırılmasındaki önemli etken bitki besin elementleridir. Ürünün miktarında ve kalitesinde artış sağlarken, ekonomik ve çevreye dostu programların uygulanması gerekmektedir. Bu amaçlara hizmet edecek bir uygulama ise ancak toprak ve yaprak analizlerine dayalı gübreleme programı oluşturmaktan geçer. Araştırma alanında, toprak analiz sonucuna dayalı fosforlu gübre kullanımının teşvik edilmesi ve fosfor birikimini önlemek amaçlı fazla fosforlu gübre kullanımından kaçınılması gerekmektedir. Bölge topraklarının organik madde düzeylerinin düşük olması nedeniyle toprakta organik gübrelemenin yapılması, bu amaçla özellikle ahır gübresi ve yeşil gübreleme gibi organik kökenli gübrelerin kullanılması gerekmektedir. Özellikle; hafif alkali reaksiyon gösteren alanlarda toprak pH'sını düşürmek ve manganın yararlılığını artırıcı bir özelliğe sahip olan elementel kükürdün gübreleme programında katılması yararlı olacaktır. Topraklarda mikro element noksanlığının görüldüğü kesimlerde temel gübrelemenin yanında mikro element gübrelemesine de önem verilmesi gerekmektedir. Sonuçta bu araştırmanın bölge çiftçisine, yol gösterici olacağı ve ayrıca toprak analizine dayalı gübreleme bilincini aşılacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/TSKAD/13/A13/P07/01-01 Nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Ömer SÖKMEN, Nejat ÖZDEN, Selçuk GÖÇMEZ; Materyal ve Metot: Nejat ÖZDEN, Ömer SÖKMEN; Veri toplama ve İşleme: Nejat ÖZDEN, Ömer SÖKMEN, Selçuk GÖÇMEZ, Nalan DOYURAN; İstatistik Analiz: Nejat ÖZDEN; Literatür Tarama: Ömer SÖKMEN; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Ömer SÖKMEN, Nejat ÖZDEN

Kaynakça

- Aktaş, M. ve Ateş, M. (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları. Engin Yayınevi, Ankara.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Kurucu, Y. ve Delibacak, S. (2004). Toprak Bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi YayınNo: 557. Bornova, İzmir.
- Anonim (2019). MGM, Manisa İli Demirci İlçesinin Uzun Yıllar Ortalamasına Ait Bazı İklim Verileri. <https://www.mgm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 18.02.2019).
- Aydemir, O. (1992). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 734. Ziraat Fakültesi No: 315. Ders Kitapları serisi No: 67. Erzurum.
- Bakırcıoğlu, D. (2009). *Toprakta makro ve mikro element tayini*. (Doktora Tezi) Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Bellitürk, K. (2011). Edirne İli Uzunköprü İlçesi tarım topraklarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 8-15.
- Bilen, S. ve Sezen, Y. (1993). Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 156-166.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14th ed., Upper Saddle River, NJ. pp. 9990, ISBN 13-978-0-13-227938-3. Prentice Hall.
- Bray, R. H. and Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms phosphorus in soils. *Soil Science*, 59(1): 39-46.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. (1996). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. (1966). Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278.
- Jackson, M. L. (1962). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc. New York.
- Koca, Y. K., Derin, A. ve Adiloğlu, S. (2019). Jeostatistiksel modelleme ile Edirne İli Uzunköprü İlçesi topraklarının bazı mikro element düzeylerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 328-338.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- Lloyd, C. D. (2007). Local Modelsfor Spatial Analysis. CRC Press.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils By Extraction with Sodium Bicarbonate. No: 939. US Department of Agriculture.
- Özdemir, R. (2019). *Manisa-Demirci yöresinde farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Özden, N., Sökmen, Ö., Uslu, İ. ve Aras, S. (2022). Manisa İli Tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikro element kapsamının belirlenerek haritalanması. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(2): 228-241. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1225168>
- Özkan, A. (2021). *Tütün üretim alanlarının toprak verimlilik haritalarının oluşturulması: Manisa, Demirci örneği*. (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, İzmir.
- Prat, P. F. (1965). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agro. Series No:9., Madison. USA.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.
- Sağlam, M. (2008). *Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Machine Learning-Based Prediction of NPSH, Noise, and Vibration Levels in Radial Pumps Under Cavitation Conditions

Radyal Pompalarda Kavitasyon Koşulları Altında ENPY, Gürültü ve Titreşim Düzeylerinin Makine Öğrenimine Dayalı Tahmini

Nuri ORHAN^{1*}, Mehmet KURT², Hasan KIRILMAZ³, Murat ERTUĞRUL⁴

Abstract

Cavitation, a physical phenomenon that detrimentally affects pump performance and reduces pump life, can cause wear on pump elements. Various engineering methods have been developed to identify the initiation and full development of the cavitation process. One such method is the determination of the net positive suction head (NPSH) through a 3% decrease in total head (Hm) at a constant flow rate. In radial pumps, commonly used in agricultural irrigation and industry, cavitation conditions result in a sudden drop in the Hm-Q curve, making it challenging to detect the 3% Hm value drop. This study differs from others in the literature by modelling NPSH, noise, and vibration levels using three machine learning models, specifically artificial neural networks (ANN), support vector machines (SVM), and decision tree regression (DTR). The best-performing model predicts NPSH, noise, and vibration levels corresponding to a 3% decrease in Hm level. The present study determined the NPSH values of a horizontal shaft centrifugal pump at different flow rates and constant operating speed, and the vibration and noise levels were measured for these NPSH values. For each of the NPSH, noise, and vibration levels, ANN, SVM and DTR models were created. The performances of these models were evaluated using criteria such as root mean squared error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) and mean absolute percentage error (MAPE). In addition, Taylor and error box diagrams were created. The ANN model and DTR yielded high accuracy predictions for NPSH values ($R^2 = 0.86$ and $R^2 = 0.8$, respectively). The ANN model provided the best prediction performance for noise and vibration levels. By entering the level of 3% drop in the Hm value of the pump as external data input to the ANN model, NPSH₃, noise, and vibration levels were determined. The ANN models can be effectively employed to determine NPSH₃, noise, and vibration levels, particularly in radial flow pumps, where detecting 3% reductions in manometric height value is challenging.

Keywords: Centrifugal pumps, Net positive suction head (NPSH), Vibration, Noise, Machine learning

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nuri Orhan, Selcuk University, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Konya, Türkiye.

E-mail: nuriorhan@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9987-1695

²Mehmet Kurt, Selçuk University Cihanbeyli Vocational School, Department of Management and Organization, Konya, Türkiye. E-mail:

mehmet.kurt@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9566-6627

³Hasan Kırılmaz, Selcuk University Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Konya, Türkiye. E-mail: hasan.kirilmaz@selcuk.edu.tr

 OrcID: 0000-0002-0263-6200

⁴Murat Ertuğrul, Yozgat Bozok University, Vocational School of Technical Sciences, Mechanical and Metal Technologies, Yozgat, Türkiye. E-mail:

murat.ertugrul@bozok.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9582-1546

Atıf: Orhan, N., Kurt, M., Kırılmaz, H., Ertuğrul, M. (2024). Radyal pompalarda kavitasyon koşulları altında NPSH, gürültü ve titreşim düzeylerinin makine öğrenimine dayalı tahmini. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 533-546.

Citation: Orhan, N., Kurt, M., Kırılmaz, H., Ertuğrul, M. (2024). Machine learning-based prediction of NPSH, noise, and vibration levels in radial pumps under cavitation conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 533-546.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Kavitasyon, pompa performansını olumsuz etkileyen ve pompa ömrünü azaltan fiziksel bir olgudur ve pompa elemanlarında aşınmaya neden olabilir. Kavitasyon sürecinin başlangıcını ve tam gelişimini belirlemek için çeşitli mühendislik yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan biri, sabit bir debi hızında toplam basınç düşüşü (%3 Hm) ile emmedeki net pozitif yük (ENPY) değerinin belirlenmesidir. Tarım sulaması ve endüstride yaygın olarak kullanılan radyal pompalarda, kavitasyon koşulları Hm-Q eğrisinde ani bir düşüşe yol açarak %3 Hm değer düşüşünü tespit etmeyi zorlaştırır. Bu çalışma, yapay sinir ağları (ANN), destek vektör makineleri (SVM) ve karar ağacı regresyonu (DTR) olmak üzere üç makine öğrenmesi modeli kullanarak ENPY, gürültü ve titreşim seviyelerini modellenmesiyle literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık gösterir. En iyi performans gösteren model, %3 Hm düşüşüne karşılık gelen ENPY, gürültü ve titreşim seviyelerini tahmin eder. Bu çalışma, yatay shaftlı santrifüj pompada farklı debi hızlarında ENPY değerlerinin belirlendiği ve bu ENPY değerleri için titreşim ve gürültü seviyelerinin ölçüldüğü bir çalışmadır. ENPY, gürültü ve titreşim seviyeleri için ANN, SVM ve DTR modelleri oluşturulmuştur. Bu modellerin performansları kök ortalama kare hatası (KOKH), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama mutlak yüzde hatası (OMYH) gibi kriterler kullanılarak değerlendirildi. Ayrıca Taylor ve hata kutu diyagramları oluşturulmuştur. ANN modeli ve DTR, ENPY değerleri için yüksek doğrulukta tahminler sağlamıştır (sırasıyla $R^2 = 0.86$ ve $R^2 = 0.8$). ANN modeli, gürültü ve titreşim seviyeleri için en iyi tahmin performansını sağlamıştır. Pompa Hm değerindeki %3 düşüş seviyesini ANN modeline harici veri girişi olarak kullanarak, ENPY₃, gürültü ve titreşim seviyeleri belirlenmiştir. ANN modelleri, özellikle radyal akış pompalarında manometrik yükseklik değerlerinde %3'lük azalmaların tespit edilmesinin zor olduğu durumlarda, ENPY₃, gürültü ve titreşim seviyelerini belirlemek için etkili bir şekilde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Santrifüj pompalar, Emmedeki net pozitif yük (ENPY), Titreşim, Gürültü, Makine öğrenimi

1. Introduction

Centrifugal pumps play a significant role in energy conversion and liquid transfer in various sectors such as agriculture, industry, and other industrial fields (Dong et al., 2019). However, the performance of pump applications can be adversely affected by cavitation (Brennen, 2011). Cavitation is a physical phenomenon that results in the wearing of pump elements and a serious reduction in pump life (Yüksel and Eker, 2009). Cavitation can also lead to cavitation erosion, which is a form of wear and tear that can be harmful to pumps. Cavitation erosion occurs when vapor bubbles form in places where the pressure decreases, and then rapidly collapse when they pass into a high-pressure zone, causing damage to the pump surfaces (Dzhurabekov et al., 2021). This phenomenon occurs when the absolute pressure of the liquid moving in the pump falls below the vaporisation pressure of that liquid at a constant temperature, leading to the formation of vapour bubbles. The collapse of these bubbles generates a high velocity micro-jet that impacts the adjacent inner metal surface, producing wave shock and causing flow pulsation in both radial and axial directions. In the event that the pump operates under cavitation conditions for an extended period, the unsteady flow condition may have detrimental effects on components such as the impeller, volute, bearing, shaft, seal, and other mechanical parts (Sahdev, 2005).

Cavitation is a phenomenon that relies on both the pump design and operating conditions. To prevent cavitation formation, it is crucial to select the appropriate pump for the installation. The parameter that determines whether the pump will operate with cavitation or not is the positive head at the suction port, also known as the NPSH. In centrifugal pumps, cavitation is a critical factor that restricts the pump inlet (suction) pressure, rotational speed, and consequently, the dimensions, weight, and cost of the pump. Furthermore, cavitation also limits the mechanically and hydraulically stable and reliable operating range. To ensure cavitation-free operation, it is necessary to guarantee that the NPSH value determined based on the system, installation, pumped liquid, and operating conditions, denoted as NPSH_m, is greater than the pump-specific NPSH_g value with a specific tolerance (Delale et al., 2020).

The detection and prevention of cavitation in pumps require a thorough understanding of the onset and full development of this phenomenon. A considerable number of studies have focused on investigating cavitation in kinetic pumps, as well as water turbines, as revealed by the literature (Al-Obaidi and Towsyfyhan, 2019; Bordoloi and Tiwari, 2017; Čdina, 2003; Durdu et al., 2021; Kan et al., 2022; Panda et al., 2018). Recently, researchers have attempted to identify cavitation by utilizing machine learning models (Arendra et al., 2020; Bordoloi and Tiwari, 2017; Matloobi and Riahi, 2021; Panda et al., 2018; Wang, et al., 2019; Wang et al., 2020). However, given the unpredictable nature of cavitation, an accurate numerical estimation of the resulting noise and vibration is not feasible. To detect the onset and full development of cavitation, various engineering methods have been proposed, among which determining the net positive suction head (NPSH) through measuring the 3% decrease in total head (H_m) at a constant flow rate represents a critical value beyond which cavitation is fully developed. The method necessitates a specialized test stand and a series of measurements at various flow rates, following the ISO 3555 standards.

The early detection of cavitation is essential for ensuring the reliability and efficiency of pumps and extending their service life. Effective detection requires the characterisation of cavitation, and the selection of an appropriate indicator. The analysis of signals acquired from sensors, such as those measuring vibration, pressure, and noise, is a widely used technique for cavitation detection (Sun et al., 2020). Previous studies have shown that the acoustic emission of background noise during pump operation can be used to detect incipient cavitation (Escaler et al., 2006; Neill et al., 1997) analysed various signals to determine the cavitation condition for hydraulic turbines. Čdina (2003) developed an electrical control system for preventing cavitation by initiating an alarm, shutdown, or control signal based on noise signal reception. The research in this area is generally focused on cavitation prevention based on manometric height, noise, and vibration data.

Radial pumps are commonly used in agriculture and industry, and under cavitation conditions, there is a sharp decline in the H_m-Q curve (Keskin, 2002). As a result, determining the 3% decrease in H_m value becomes difficult. To address this issue, some studies have utilized artificial neural networks or other machine learning algorithms to predict cavitation in (Arendra et al., 2020; Matloobi and Riahi, 2021; Wang et al., 2020; Wang et al., 2019; Yong et al., 2009). Unlike these previous studies, the present study focuses on predicting the NPSH, noise, and vibration levels associated with the 3% decrease in H_m using an artificial neural network model.

The present research focuses on the determination of NPSH values for a horizontal shaft centrifugal pump operating at various flow rates. Concurrently, vibration and noise levels corresponding to different NPSH values at various flow rates were measured. Machine learning models including ANN, SVM and DTR were generated to predict NPSH, vibration and noise levels under a constant pump speed. The predictive success of each model is discussed based on metrics such as R^2 , RMSE, MAE, MAPE, error values, and Taylor diagrams. Taylor diagrams were utilized to assess the results obtained from the models in terms of standard deviation and correlation. The external input data for the best-performing model was adjusted to the level of 3% decline in the manometric height of the pump, and subsequently, the NPSH, noise and vibration values were forecasted.

2. Materials and Methods

The present study utilized a 3" nominal diameter horizontal shaft, stepless centrifugal pump, and the pump performance evaluations were conducted at the Sedat Çalışır Pumping Plant, affiliated with the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering of Selçuk University. The pump speed was monitored by employing a mechanical/optical tachometer to measure the electric motor shaft speed, where a linear relationship exists between the frequency of the electrical network f (Hz) and the electric motor speed n (rpm), while the number of electric poles is denoted by P (Hanson et al., 1996). In order to alter the speed of the pump, a frequency control device (FCD) with the technical specifications FCD, ATV61, 31 kW, 380/480V HD 37 N4 was utilized. The flow rate was measured by employing an electromagnetic flow meter of type S MAG 80, capable of working with a flow rate of 1-280 $m^3 h^{-1}$, while the negative pressure was determined via a glycerine type vacuum meter and the positive pressure by utilizing a glycerine type manometer. Furthermore, the noise level measurements were carried out by employing a Jetnorl brand S4001 type digital sound level meter capable of measuring within the range of 30-130 dBA, whereas the vibration measurements were executed by employing a Time brand digital TV110 type vibration meter operating within the frequency range of 50-10000 Hz.

The centrifugal irrigation pump was driven by an 11 kW Watt brand EFF2 class electric motor with a speed of 2960 rpm, a current of 34 A, a voltage of 380/660 V, and a torque of 60.9 Nm. The pump was directly coupled to the motor. During the experiments, the water temperature and ambient temperature were recorded as 13°C and 10°C, respectively. The measurements were conducted at a constant speed of 2960 rpm (50 Hz) and at various flow rates, namely 13.9, 12.5, 11.1, and 9.7 l/s. The measurements of the pump's operating characteristics and the subsequent calculations were carried out according to the ISO 2548 standard (Anonymous, 2002).

The determination of the NPSH_p curve that reflects the cavitation characteristics of the pump was conducted through simultaneous control of the suction and discharge valves (Eryılmaz, 2004). Initially, the valves were adjusted to any position except for being fully open or fully closed, and the pressure values corresponding to a certain flow rate (Q_1) were obtained. The value of the total manometric height (H_m) was calculated using the standard equation and positioned on the vertical axis of the graph as H_1 . By utilizing the following equation, the NPSH_p value was calculated, and the values at the same point were placed on the horizontal axis, resulting in the acquisition of the Q_1 point. Afterwards, the outlet valve was slightly opened, and the flow rate was gradually increased. To bring the flow back to the Q_1 value, the inlet valve was slightly reduced while the total manometric height and Q_1 point were obtained using the equation in (1). This process was repeated until the head was at least three percent lower than the initial reading.

$$NPSH = H_1 + \frac{P_a - P_v}{\rho g} \tag{Eq.1}$$

$$H_1 = \frac{P_e}{\rho g} + V^2/2g \tag{Eq.2}$$

The present paragraph describes the measurements and standards used for evaluating the vibration and noise levels of the horizontal shaft centrifugal pump. The pressure values of atmospheric pressure (P_a), evaporation pressure of pump water (P_v), vacuum in suction line (P_e), and water inlet velocity (V) are specified. The vibration levels were assessed in three axes of the housing containing the pump shaft, and the composite vibration vectors were computed. The ISO 2372 standard was applied for evaluating the vibration acceleration. The vibration and noise measurements were performed in triplicate at each flow rate value and for all total manometric height (H_m) values acquired for that particular flow rate. The noise measurements adhered to the TS 2709-10, TS 2773, and EN ISO 1680 standards, and were conducted within the area encompassing 1 m diameter of the pump. The research

employed the approaches outlined in Cucit et al. (2018); Çalışır et al. (2006a); Çalışır et al. (2006b, 2007) for assessing the vibration and noise levels.

2.1. Machine Learning

Machine learning involves the creation of computer programs that can access data and utilize it to learn autonomously (Pattnaik et al., 2021). This method emphasizes the input and the solution to the problem in order to discover the optimal algorithm that leads to the solution. Machine learning is an application of artificial intelligence, which allows systems to learn and improve from experience without explicit programming (El Guabassi et al., 2021). In machine learning algorithms, models are constructed with the aim of achieving the desired prediction in the most efficient and quickest manner, with the highest probability (Gültepe, 2019).

2.1.1 Artificial neural network

The Artificial Neural Network (ANN) is composed of a multilayer perceptron structure, including input, hidden, and output layers. Learning algorithms commonly employed in ANNs encompass radial basis function networks, perceptron algorithms, backpropagation, and elastic backpropagation (Liakos et al., 2018). These learning algorithms operate as a machine learning mechanism that updates the weights between each node by learning the correlation between input and output variables (Shin and Cho, 2021)

The neural network model follows two primary processes. The first process is a feed-forward process that computes the output value by considering the input variables, variables in the hidden layer, relationships between each variable (connectivity, weight), and transfer functions. The second process is a backpropagation process that rectifies the relationship between the variables using the error between the output value computed from the model and the actual value to ensure accurate calculation. In the neural network, each node has a weight that reflects the significance of its signal. It receives an input signal and calculates the information according to the relevant equation (Shin and Cho, 2021).

2.1.2 Decision Tree regression

Decision trees are machine learning models that take the form of a tree-like structure and can be used for classification or regression (Liakos et al., 2018). In a decision tree, each node in the tree represents a test on an attribute or feature, and each branch represents the outcome of the test. The process of creating a decision tree involves recursively splitting the dataset into subsets based on the value of a particular attribute or feature until a stopping criterion is met (Loh, 2011; Pekel, 2020). During the training phase, the algorithm evaluates the fitness of each attribute or feature to serve as a decision node by calculating the error between the predicted values and the actual values, using a predefined fitness function. The attribute or feature that results in the lowest error is selected as the decision node (Pekel, 2020). Subsequent splits are performed in the same manner until a stopping criterion, such as a predefined tree depth or minimum number of instances at a node, is reached.

2.1.2 Support vector machine regression

The Support Vector Machine (SVM) is a frequently employed machine learning method for the characterization and classification of data, using information derived from their characteristics (Shin and Cho, 2021). SVM operates as a binary classifier by creating a linear separation hyperplane to differentiate between data samples. The most common SVM algorithms encompass Support Vector Regression, Least Squares Support Vector Machine, and Successive Projection Algorithm-Support Vector Machine (Liakos et al., 2018). The foundation of the SVR algorithm lies in the ϵ -insensitive function and the kernel function (Takeda et al., 2007). SVR functions transform the data into a higher dimensional feature space to achieve a non-linear learning algorithm in the original low dimensional space (Geng et al., 2020).

3. Results and Discussion

3.1. Experimental results

At the optimal operational speed of the pump (2960 rpm), the hydraulic system achieved an efficiency of 38.5%, a flow rate of 13.5 l s⁻¹, and a manometric height of 46.3 m. At this speed point, the specific speed of the pump was computed as $n_q=19.2$ ($n_s=70.5$), thereby indicating that the pump belongs to the category of radial flow pumps. *Figure 1* presents the variation of manometric height, noise level, and vibration values in relation to NPSH

at a constant speed of the pump. The Hm value remained constant up to a specific NPSH level, after which there were sudden drops in the Hm value. These sudden decreases in manometric height were also observed in the works of other researchers, including Coutier et al. (2003); Kaya (2020); Salvadori et al. (2015). Notably, these sudden drops were more noticeable at flow rates of 11.1 and 9.7 l s⁻¹ in our study. (Kaya, 2020) also reported that sudden drops were observed at low flow rates.

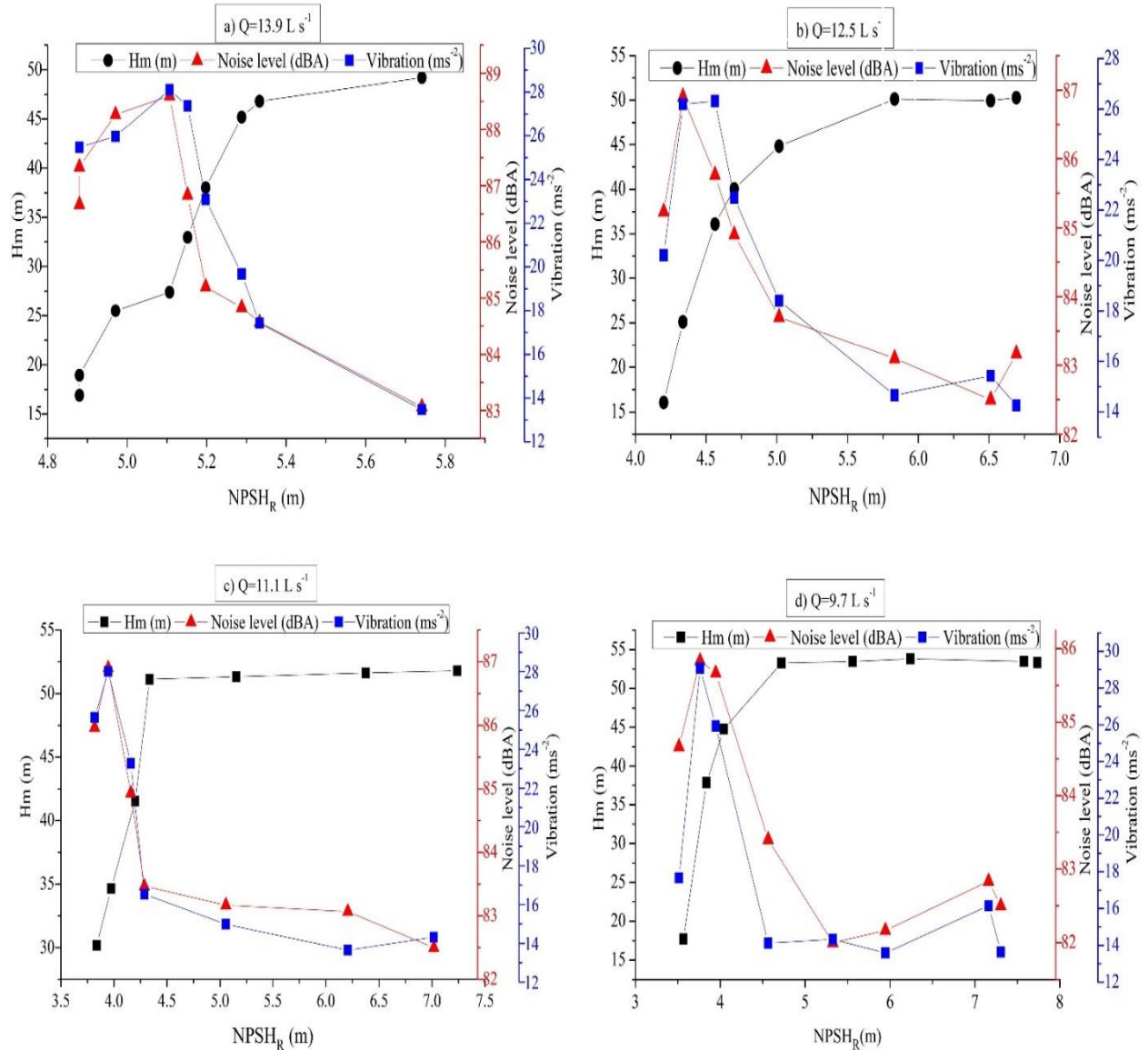


Figure 1. Hm, noise and vibration values depending on NPSH_R variation at 2960 min⁻¹ rpm of the pump

The results of the experiment indicate that, at constant speed and flow rate values of the pump, noise and vibration levels increased significantly beyond a certain level of NPSH, as depicted in Figure 3. This suggests that the pump was operating in a cavitated state (Čdina, 2003). According to Čdina (2003), the sound frequency of a cavitated pump differs from that of a non-cavitated one. The noise levels of the pump were measured at 83.8-82.9-83.0 and 82.5 dBA for flow rates of 13.9-12.5-11.1 and 9.7 l s⁻¹, respectively, with a decrease in the Hm value of up to 3%. Conversely, the average noise levels after the 3% reduction in the Hm value of the pump were 86.8-85.3-85.9 and 85.4 dBA, respectively. The vibration levels measured until the 3% reduction zone of the Hm value of the pump were 15.45-14.78-14.77 and 14.36 m s⁻² for flow rates of 13.9-12.5-11.1 and 9.7 l s⁻¹, respectively. Following the 3% drop zone of the Hm value, the average vibration levels of the pump were determined as 25.45-22.78-25.6- and 24.2-mm s⁻², respectively. As evident from these results, cavitation significantly affected the noise and vibration levels of the pump. Cavitation is typically accompanied by structural vibration and noise, with a specific sound

frequency or broadband peak corresponding to the 3% load drop due to cavitation (Čdina, 2003; Čudina and Prezelj, 2008; 2009; Kan et al., 2022). It is essential to accurately measure the noise and vibration levels associated with this 3% reduction. However, measuring the 3% reduction in radial type pumps used in the study proved to be a challenging task. To overcome this issue, the subsequent part of the study determined the optimal model performance by applying a machine learning algorithm to NPSH, noise, and vibration levels. The machine learning algorithm was employed to estimate the values corresponding to the 3% reduction in the Hm value over the best model.

3.2. Machine learning modelling and performances

In typical machine learning models, the data set is divided into training and test sets, with the majority of the data being used for training and a smaller portion reserved for testing. Splitting the data is a crucial step in machine learning to evaluate model performance and determine its suitability for real-world applications. Testing the model on the held-out data is the best approach to assessing its accuracy. The commonly used split is 75% for training and 25% for testing. However, a better way to evaluate the accuracy of the model is to test it on the data that was not used during training (Salem et al., 2022).

Various error metrics are used to assess model performance and measure the relationship between predicted and actual values (Güven, 2022). Three commonly used measurement methods are root mean square error (RMSE), relative root mean square error (RRMSE), and coefficient of determination (R2). RMSE measures the difference between predicted and observed values, while RRMSE or normalized RMSE enables a direct comparison between different meta-models and output variables with different units. R2 is used to assess model performance by determining the proportion of variance in the response variable explained by the independent variables (Shahhosseini et al., 2019). The algorithms were implemented and evaluated using the R statistical programming language.

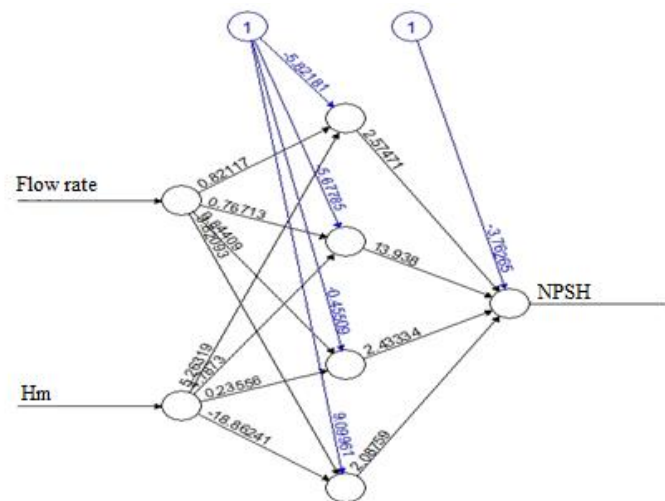


Figure 2. Neural network model applied to NPSH

The present study employs artificial neural network (ANN) models to process the data, which are first normalised. In the literature, several data normalisation techniques have been proposed, such as Minimum, Maximum, Median, Sigmoid, and Z-Score rules (Jayalakshmi and Santhakumaran, 2011). The Z-Score rule is utilised in this study as it generates a statistically normal distribution and indicates the position of each data point in terms of the standard deviation. The standard value represents how far the data point is from the mean, where negative values indicate that the data point is below the mean, and positive values indicate that the data point is above the mean (Cho, 2020).

The ANN models implemented in this study are composed of four hidden layers. The threshold value of 0.04 and learning rate value of 0.05 are determined to yield the best outcomes. Figure 2 presents an overview of the network model applied to NPSH. The error values of the ANN models of NPSH, noise, and vibration data are determined as 3.76, 1.28, and 0.43, respectively, and the number of steps is found to be 578, 229, and 286, respectively.

The input variables of the artificial neural network models were the flow rate and Hm, while the output variables were NPSH, noise and vibration. For each model, 24 data points were allocated for training, and 8 data points were allocated for the test set. The support vector machine regression algorithm was used to create the NPSH, noise, and vibration models with specific parameters, such as SVM-Type: eps-regression, SVM-Kernel: radial, cost: 1, gamma: 0.5, and epsilon: 0.1. The number of support vectors was determined as 15, 16, and 18 for the NPSH, noise, and vibration models, respectively. *Table 1* presents the parameters used for the decision tree regression models.

Table 1. Decision tree regression models

	Minsplit	cp	Maxdepth	Terminal nod	Decision nod
NPSH	12	0.01	5	3	1
Noise	4	0.01	5	11	9
Vibration	3	0.01	5	15	13

The ANN model yielded the highest performance among the models created for NPSH prediction, as illustrated in *Figure 3*. The prediction performances of the ANN and DTR models were found to be comparable. The coefficient of determination (R^2) values for the ANN, SVM, and DTR models were 0.86, 0.37, and 0.8, respectively, while the corresponding root mean square error (RMSE) values were 0.55 m, 1.28 m, and 0.7 m, respectively. The MAPE values of the models were 6.09, 15.1 and 8.7, and the MAE values were 0.4 %, 1.1 % and 0.65 %, respectively. The success of the SVM model in predicting NPSH was found to be markedly low.

The prediction performance of the models for the vibration level of the pump were evaluated using R^2 , RMSE, MAE and MAPE values. Among the models, the ANN model achieved the highest R^2 value of 0.86, indicating that the model was able to explain 82% of the variance in the data (*Figure 4*). The RMSE, MAE and MAPE values of the ANN model were also the lowest at 2.1 m s⁻², 0.42% and 8.77%, respectively. The SVM model achieved an R^2 value of 0.69, while the DTR model had an R^2 value of 0.57. However, the SVM and DTR models had higher RMSE and MAE values compared to the ANN model. Therefore, the ANN model was found to be the most successful in predicting the vibration level of the pump.

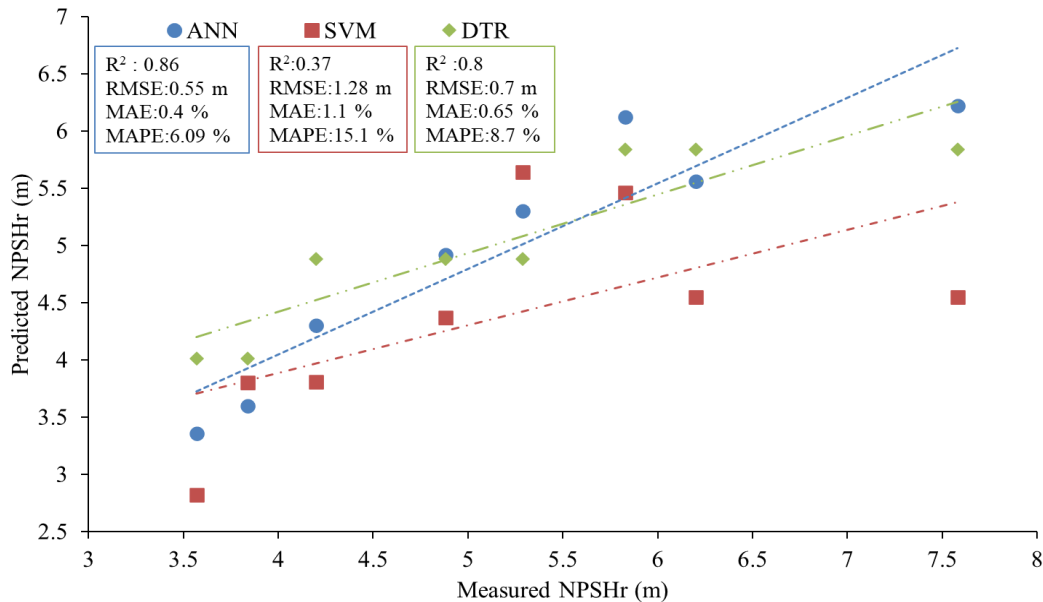


Figure 3. Performance of models created for NPSH estimation

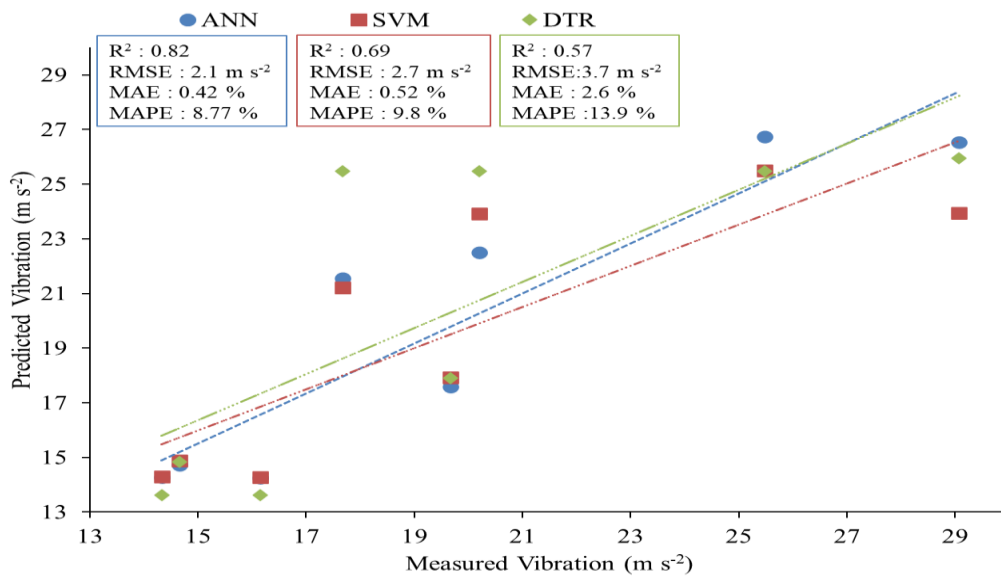


Figure 4. Performance of models created for vibration estimation

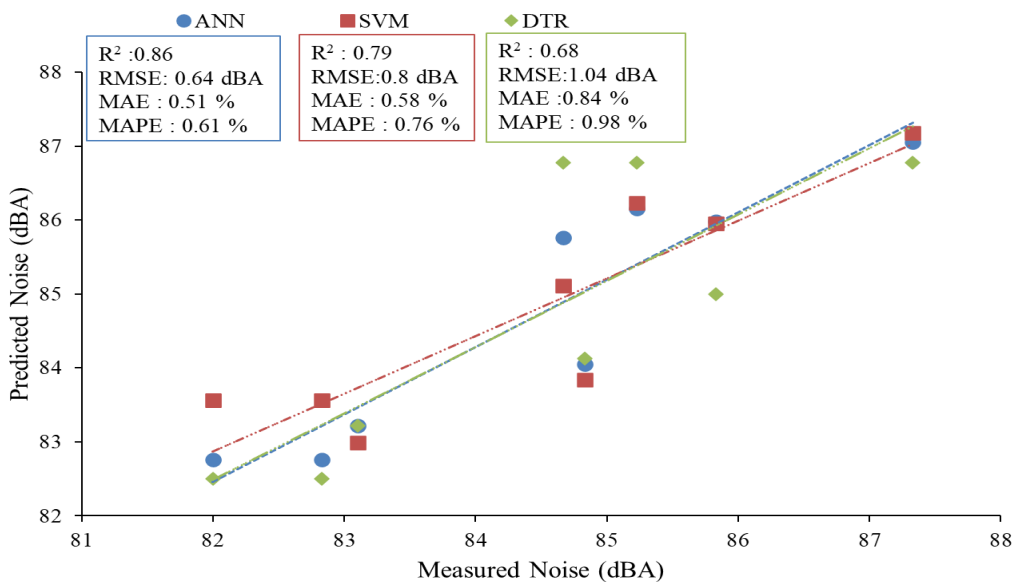


Figure 5. Performance of models created for noise estimation

The R^2 values for the prediction performances of artificial neural network (ANN), support vector machine (SVM), and decision tree regression (DTR) models with respect to the noise level of the pump were determined as 0.86, 0.79, and 0.68, respectively, as depicted in Figure 5. The corresponding root mean square error (RMSE) values for these models were measured as 0.64 dBA, 0.8 dBA, and 1.04 dBA, while the mean absolute error (MAE) values were calculated as 0.51%, 0.58%, and 0.84%, respectively. Notably, the ANN model exhibited the most successful prediction performance among the models evaluated. In terms of noise level prediction, the SVM model outperformed the NPSH model. Furthermore, the ANN model demonstrated superior performance in predicting the vibration level of the pump compared to the other models considered.

The errors in the NPSH, vibration, and noise prediction values for the models are presented in Figure 6. According to these graphs, the models generally underestimated the NPSH predictions compared to the actual values (Figure 6a). Specifically, the models performed poorly in predicting the 26th data point. The error values for the vibration level of the models varied, either being low or high, depending on the test data (Figure 6b). The least accurate prediction for the vibration level was observed for the 32nd test data point. Furthermore, the models

generally overestimated the noise level prediction compared to the actual value. Upon an overall examination of the graphs, it can be observed that the ANN model achieved the highest level of success in terms of error values.

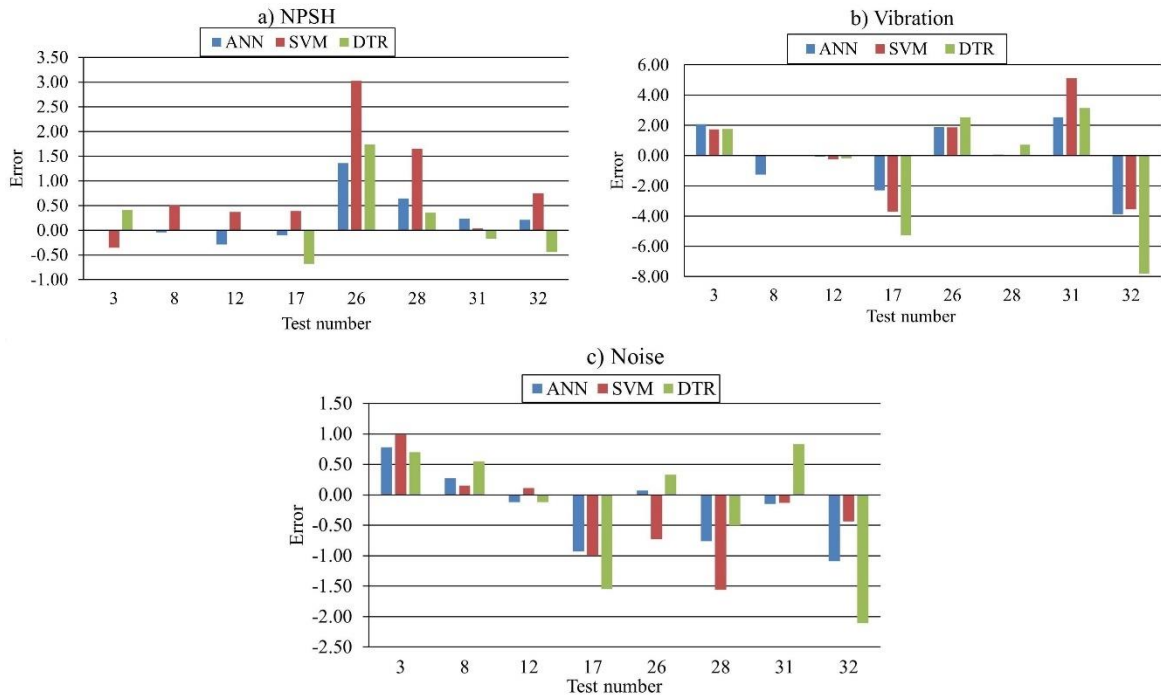


Figure 6. Error diagrams a) NPSH b) Vibration c) Noise

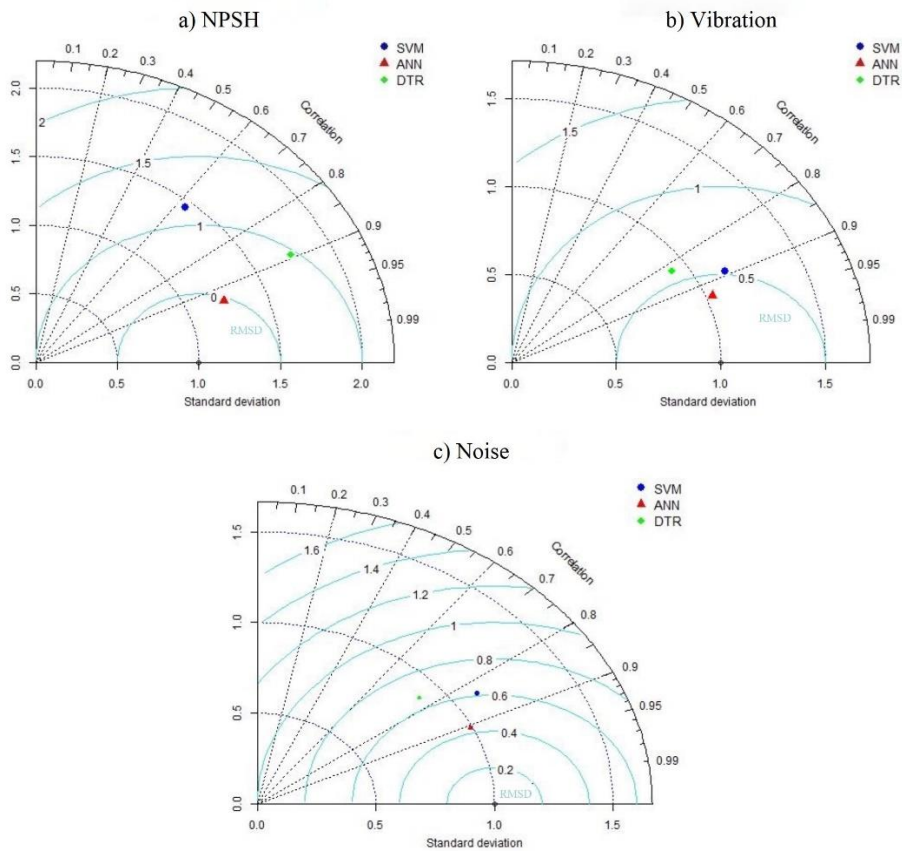


Figure 7. Taylor diagrams of test results a) NPSH b) Vibration c) Noise

Taylor diagrams given in *Figure 7* were used to evaluate the results obtained from the variables with standard deviation and correlation (Demir, 2022; Bayram and Çıtakoğlu, 2023). The NPSH, vibration, and noise values, along with the estimation values derived from SVM, ANN, and DTR models, have been thoroughly analyzed within these diagrams based on statistical criteria including standard deviation, correlation coefficient, and centered root mean square difference (RMSD).

Based on the Taylor diagram presented in *Figure 7*, it is evident that the ANN model displayed the highest level of success among the models for predicting vibration and noise, particularly in relation to NPSH. In *Figure 7a*, it can be observed that while the ANN and DTR models exhibit similar R^2 values for the NPSH predictions, the ANN model surpasses the DTR model in terms of error criteria. ANN gave the best results in terms of the errors of the models of noise and vibration values (*Figure 7b, c*). According to Taylor diagrams, the ANN model gave the best result.

Due to the abrupt reduction in the Hm-Q curve of radial pumps during cavitation, measuring or reading the 3% reduction value of Hm is problematic. Among the machine learning algorithms utilized for the NPSH, noise, and vibration values of the pump, the ANN models that displayed the best performance had the 3% decrease level of Hm value incorporated as external data. During the data input procedure, the flow values were kept constant in the models, and the Hm values were computed by taking 3% reduction of the initial Hm value. Consequently, the NPSH₃ values, noise, and vibration levels of the pump were projected from the models and presented in *Table 2*.

Table 2. Prediction of NPSH₃, noise and vibration levels via ANN model

Speed (min ⁻¹)	Flow rate (l s ⁻¹)	Hm ₃ (m)	NPSH ₃ (m)	Noise (dBA)	Vibration (m s ⁻²)
2960	13.9	47.72	5.51	83.4	15.25
2960	12.5	48.79	5.25	83.5	15.47
2960	11.1	50.22	4.22	83	15.66
2960	9.7	51.72	4.1	82.88	16.3

The artificial neural network model yielded a range of 5.51-4.1 m for the NPSH₃ value. At this point, the pump exhibited an average noise level of 83.19 dBA and an average vibration level of 15.67 ms⁻². Prior to reaching the NPSH₃ point, the average noise level and vibration level of the pump were determined as 83.01 dBA and 14.56 ms⁻², respectively. Notably, a small change of 0.18 dBA was observed between the average noise levels before and after the NPSH₃ point. In contrast, a significant difference of 1.11 m s⁻² was observed between the average vibration levels before and after the NPSH₃ point.

4. Conclusions

In summary, this study aimed to model and predict the net positive head (NPH), noise, and vibration levels of a horizontal shaft centrifugal pump in suction using machine learning algorithms such as artificial neural network (ANN), support vector machine regression (SVR), and decision tree regression (DTR). The results revealed that at constant speed and flow rate values, the Hm value followed a constant course until a certain NPSH value, after which sudden decreases in Hm level were observed. The measured noise and vibration levels of the pump were clearly separated before and after cavitation, with average noise values of 85.8 dBA and average vibration levels of 24.4 m s⁻² during cavitated operation. The ANN model demonstrated the best performance in NPSH prediction ($R^2 = 0.86$), followed by the DTR model ($R^2 = 0.8$), whereas the SVR model was found to be less successful in NPSH prediction. Both ANN and DTR models were found to be suitable for NPSH prediction, with the ANN model exhibiting the most favorable performance in predicting the noise and vibration levels of the pump during the NPSH test. Moreover, it was determined that the change in vibration level can be used to monitor the beginning of cavitation before the NPSH₃ value, which is difficult to detect through a 3% reduction in manometric height value. Hence, the ANN model can be effectively used to determine NPSH₃, noise, and vibration levels, particularly in radial flow pumps.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: Orhan N., Kurt M., Kırılmaz H., Ertuğrul M.; Design Orhan N., Kurt M., Kırılmaz H., Ertuğrul M.; Data Collection or Processing: Orhan N., Kurt M., Kırılmaz H.; Statistical Analyses: Orhan N., Kurt M.; Literature Search: Orhan N., Kurt M., Kırılmaz H., Ertuğrul M.; Writing, Review and Editing: Orhan N., Kurt M., Kırılmaz H., Ertuğrul M.

References

- Al-Obaidi, A. and Towsyfyhan, H. (2019). An experimental study on vibration signatures for detecting incipient cavitation in centrifugal pumps based on envelope spectrum analysis. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 12(6), 2057-2067.
- Anonymous (2002). Rotodynamic Pumps-Hydraulic Performance Acceptance Tests, Class 1 and Class 2. In (Vol. TS EN ISO 9906). Turkish Standards Institute: Ankara.
- Arendra, A., Akhmad, S. and Winarso, K. (2020). Investigating pump cavitation based on audio sound signature recognition using artificial neural network. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1569, No. 3, p. 032044).
- Bayram, S. and Çıtakoğlu, H. (2023). Modeling monthly reference evapotranspiration process in Turkey: application of machine learning methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1): 67.
- Bordoloi, D. and Tiwari, R. (2017). Identification of suction flow blockages and casing cavitations in centrifugal pumps by optimal support vector machine techniques. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 39(8): 2957-2968.
- Brennen, C. E. (2011). *Hydrodynamics of pumps*: Cambridge University Press.
- Čudina, M. (2003). Detection of cavitation phenomenon in a centrifugal pump using audible sound. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 17(6): 1335-1347.
- Cho, J. H. (2020). Detection of smoking in indoor environment using machine learning. *Applied Sciences*, 10(24): 8912. <https://doi.org/10.3390/app10248912>
- Coutier-Delgosha, O., Fortes-Patella, R., Reboud, J.-L., Hofmann, M. and Stoffel, B. (2003). Experimental and numerical studies in a centrifugal pump with two-dimensional curved blades in cavitating condition. *Journal of Fluids Engineering*, 125(6): 970-978.
- Cucit, V., Burlon, F., Fenu, G., Furlanetto, R., Pellegrino, F. A. and Simonato, M. (2018). A control system for preventing cavitation of centrifugal pumps. *Energy Procedia*, 148: 242-249.
- Čudina, M. and Prezelj, J. (2008). Use of audible sound for safe operation of kinetic pumps. *International Journal of Mechanical Sciences*, 50(9): 1335-1343.
- Čudina, M. and Prezelj, J. (2009). Detection of cavitation in operation of kinetic pumps. Use of discrete frequency tone in audible spectra. *Applied Acoustics*, 70(4): 540-546.
- Çalışır, S., Aydın, C. and Mengeş, H. O. (2006a). Determination of Vibration Velocity and Noise Level in Deep Well Pumping Plants. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38): 49-54.
- Çalışır, S., Eryılmaz, T., Haciseferoğulları, H. and Mengeş, H. O. (2006b). Vibration of Centrifugal Pumps. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 2(4): 345-351.
- Çalışır, S., Eryılmaz, T., Haciseferoğulları, H. and Mengeş, H. O. (2007). Noise in centrifugal pumps. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 3(2): 105-110.
- Delale, C. F., Ayder, E., Pasinlioğlu, Ş. and Morkoyun, U. (2020). *Improvement of Simplified Cavitation Models for the Determination of Centrifugal Pump Cavitation Performance Characteristics*. Tübitak (117MO72) Project Report (In Turkish).
- Demir, V. (2022). Enhancing monthly lake levels forecasting using heuristic regression techniques with periodicity data component: application of Lake Michigan. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(3-4): 915-929.
- Dong, L., Zhao, Y. and Dai, C. (2019). Detection of inception cavitation in centrifugal pump by fluid-borne noise diagnostic. *Shock and Vibration*, 2019.
- Durdu, A., Celtek, S. A. and Orhan, N. (2021). Detection of Vortex Cavitation With The Method Adaptive Neural Fuzzy Networks in the Deep Well Pumps. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(4): 613-624.
- Dzhurabekov, A., Rustamov, S., Nasyrova, N. and Rashidov, J. (2021). *Erosion processes during non-stationary cavitation of irrigation pumps*. Paper presented at the E3S Web of Conferences, (Vol. 264, p. 03016). EDP Sciences.
- El Guabassi, I., Bousalem, Z., Merah, R. and Qazdar, A. (2021). A Recommender System for Predicting Students' Admission to a Graduate Program using Machine Learning Algorithms. *International Association of Online Engineering*, 17(02): 135-147. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i02.20049>
- Eryılmaz, T. (2004). *Determination of cavitation characteristics of centrifugal pumps used in irrigation*. (MSc. Thesis) Selçuk University Institute of Science and Technology, Department of Agricultural Machinery, Konya, Türkiye.
- Escaler, X., Egusquiza, E., Farhat, M., Avellan, F. and Coussirat, M. (2006). Detection of cavitation in hydraulic turbines. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(4): 983-1007.
- Geng, J., Gan, W., Xu, J., Yang, R. and Wang, S. (2020). Support vector machine regression (SVR)-based nonlinear modeling of radiometric transforming relation for the coarse-resolution data-referenced relative radiometric normalization (RRN). *Geo-spatial Information Science*, 23(3): 237-247. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1785958>

- Gültepe, Y. (2019). A Comparative Assessment on Air Pollution Estimation by Machine Learning Algorithms. *European Journal of Science and Technology* (16): 8-15. <https://doi.org/10.31590/ejosat.530347>
- Güven, A. (2022). *Prediction of air pollution with machine learning methods*. (MSc Thesis). Bursa Uludağ University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Industrial Engineering, Bursa, Turkey.
- Hanson, B., Weigand, C. and Orloff, S. (1996). Performance of electric irrigation pumping plants using variable frequency drives. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 122(3): 179-182.
- Jayalakshmi, T. and Santhakumaran, A. (2011). Statistical normalization and back propagation for classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 3(1): 1793-8201. <https://doi.org/10.7763/IJCTE.2011.V3.288>
- Kan, K., Binama, M., Chen, H., Zheng, Y., Zhou, D., Su, W. and Muhirwa, A. (2022). Pump as turbine cavitation performance for both conventional and reverse operating modes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168: 112786.
- Kaya, M. (2020). *Computation and improvement of the cavitation performance of radial flow pumps* (Ph.D. Thesis). İstanbul Teknik University, Institute Sciences, İstanbul, Turkey.
- Keskin. (2002). *Irrigation Machines*. Ankara University Publications, Publication No: 1524.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. and Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8): 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Loh, W. Y. (2011). Classification and regression trees. *Wiley interdisciplinary reviews: data mining and knowledge discovery*, 1(1): 14-23. <https://doi.org/10.1002/widm.8>
- Matloobi, S. M. and Riahi, M. (2021). Identification of cavitation in centrifugal pump by artificial immune network. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 235(6): 2271-2280.
- Neill, G., Reuben, R. L., Sandford, P., Brown, E. and Steel, J. A. (1997). Detection of incipient cavitation in pumps using acoustic emission. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 211(4): 267-277.
- Panda, A. K., Rapur, J. S. and Tiwari, R. (2018). Prediction of flow blockages and impending cavitation in centrifugal pumps using Support Vector Machine (SVM) algorithms based on vibration measurements. *Measurement*, 130: 44-56.
- Pattnaik, P., Sharma, A., Choudhary, M., Singh, V., Agarwal, P. and Kukshal, V. (2021). Role of machine learning in the field of Fiber reinforced polymer composites: A preliminary discussion. *Materials Today: Proceedings*, 44: 4703-4708. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.026>
- Pekel, E. (2020). Estimation of soil moisture using decision tree regression. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3): 1111-1119. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03048-8>
- Sahdev, M. (2005). Centrifugal Pumps: Basic concepts of operation, maintenance and trouble shooting, Part I. *Chem. Eng. Resour.[Online]*. Available: www.cheresources.com.
- Salem, A. M., Yakoot, M. S. and Mahmoud, O. (2022). Addressing Diverse Petroleum Industry Problems Using Machine Learning Techniques: Literary Methodology— Spotlight on Predicting Well Integrity Failures. *ACS omega*, 7(3): 2504-2519. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05658>
- Salvadori, S., Cappelletti, A., Montomoli, F., Nicchio, A. and Martelli, F. (2015). Experimental and numerical evaluation of the NPSHr Curve of an industrial centrifugal pump. *ETC 2015-011*.
- Shahhosseini, M., Martinez-Feria, R. A., Hu, G. and Archontoulis, S. V. (2019). Maize yield and nitrate loss prediction with machine learning algorithms. *Environmental Research Letters*, 14(12): 124026. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5268>
- Shin, J.-H. and Cho, Y.-H. (2021). Machine-Learning-Based Coefficient of Performance Prediction Model for Heat Pump Systems. *Applied Sciences*, 12(1), 362. <https://doi.org/10.3390/app12010362>
- Sun, H., Si, Q., Chen, N. and Yuan, S. (2020). HHT-based feature extraction of pump operation instability under cavitation conditions through motor current signal analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 139: 106613.
- Takeda, H., Farsiu, S. and Milanfar, P. (2007). Kernel regression for image processing and reconstruction. *IEEE Transactions on image processing*, 16(2): 349-366. <https://doi.org/10.1109/TIP.2006.888330>
- Wang, W., Li, Y., Osman, M. K., Yuan, S., Zhang, B. and Liu, J. (2020). Multi-condition optimization of cavitation performance on a double-suction centrifugal pump based on ANN and NSGA-II. *Processes*, 8(9): 1124.
- Wang, W., Osman, M. K., Pei, J., Gan, X. and Yin, T. (2019). Artificial neural networks approach for a multi-objective cavitation optimization design in a double-suction centrifugal pump. *Processes*, 7(5): 246.
- Yong, W., Lin, L. H., Qi, Y. S., Gao, T. M. and Kai, W. (2009). Prediction Research on Cavitation Performance for Centrifugal Pumps. *IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, 137-140, Shanghai, China.
- Yüksel, E. and Eker, B. (2009). Determination of possible wear on the centrifugal pump wheel used for agricultural irrigation purposes. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(2): 203-214.

Optimization of Cellulose Extraction Parameters and Production of Nanocellulose from Black Carrot Juice Wastes*


Siyah Havuç Suyu Atıklarından Selüloz Ekstraksiyon Parametrelerinin Optimizasyonu ve Nanoselüloz Üretimi


Nergiz HAYATIOĞLU¹, İdil TEKİN², Seda ERSUS^{3*}


Abstract

Agricultural wastes are abundant worldwide with increased production and consumption activities as a result of human population growth. Waste recycling processes, which are important to support sustainable production, remain popular due to the increasing amount of agricultural waste. In particular, there are various studies on the recovery of valuable components from waste. In this context, the recovery of cellulose and nanocellulose from waste, which has the potential to be used and applied in many sectors, especially in food, draws attention. Although black carrot juice waste, which is one of the important agricultural wastes, is frequently used in the production of natural colorants, it was used for the production of cellulose and nanocellulose in this study due to its high cellulose content. Response Surface Method-Central Composite Design was used to improve the alkaline extraction conditions of cellulose for the optimum yield and whiteness index by using process parameters of NaOH concentration (2–12%), process temperature (25–110 °C), and time (60–240 min). The optimum process parameters were determined as the NaOH concentration (7.06%), process temperature (44.83°C), and time (114.21 min) for alkaline extraction of cellulose from black carrot juice waste where the yield of cellulose was 22.90±2.48%, and whiteness index was 60.32±0.07%. Nanocellulose was produced from cellulose obtained from black carrot juice waste by acidic hydrolysis using 25% H₂SO₄. Nanocellulose yield and whiteness index were found as 15.76±0.16% and 58.77±0.26% respectively. The average diameter (61±2.89 nm) and length (281±18.50 nm) of the nanocellulose were determined by Atomic Force Microscopy (AFM). As a result of the Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, it was determined that non-cellulosic components were removed.

Keywords: Black carrot juice waste, Cellulose, Optimization, Acid hydrolysis, Nanocellulose

¹Nergiz Hayatioğlu, Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100, İzmir, Türkiye. E-mail: nhayatioglu@gmail.com  ORCID: 0000-0003-2944-2657

²İdil Tekin, Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100, İzmir, Türkiye. E-mail: idiltekin.ege@gmail.com  ORCID: 0000-0001-6494-7226

³*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Seda ERSUS, Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100, İzmir, Türkiye. E-mail: seda.ersus@ege.edu.tr  ORCID: 0000-0003-0475-4099

Atıf: Hayatioğlu, N., Tekin, İ., Ersus, S. (2024). Siyah havuç suyu atıklarından selüloz ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve nanoselüloz üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 547-560.

Citation: Hayatioğlu, N., Tekin, İ., Ersus, S. (2024). Optimization of cellulose extraction parameters and production of nanocellulose from black carrot juice wastes. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 547-560.

*This study was summarized from the some part Nergiz Hayatioğlu MSc thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Öz

Dünya nüfusunun sürekli artış göstermesiyle birlikte, üretim ve tüketim faaliyetleri de hızla artmakta ve sonucunda tarımsal atıklar dünya genelinde büyük miktarlarda birikmektedir. Bu durum, sürdürülebilir üretimi desteklemek amacıyla atık geri dönüşüm süreçlerine olan ihtiyacı da artırmaktadır. Özellikle tarımsal atık miktarının artmasıyla birlikte, atıklardan değerli bileşenlerin geri kazanımı konusunda çeşitli çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda, selüloz ve nanoselüloz gibi maddelerin atıklardan geri kazanımı, özellikle gıda sektörü başta olmak üzere birçok sektörde kullanım ve uygulama potansiyeline sahip olduğu için önem taşımaktadır. Siyah havuç suyu atığı da önemli bir tarımsal atık olarak kabul edilmekte ve genellikle doğal renklendirici üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Renk maddesi üretiminin yanı sıra yüksek selüloz içeriği sebebiyle bu çalışmada siyah havuç suyu atığı, selüloz ve nanoselüloz üretiminde kullanılmıştır. Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Method)-Merkezi Tümlleşik Tasarım (CCD) yöntemi kullanılarak, selülozun alkali ekstraksiyon koşulları optimize edilmiştir. Bu optimizasyon sürecinde, NaOH konsantrasyonu (%2–12), proses sıcaklığı (25–110 °C) ve proses süresi (60–240 dakika) gibi parametreler dikkate alınarak yanıt olarak selüloz verimi ve beyazlık indeksi seçilmiştir. Bu sayede, farklı parametre kombinasyonlarına karşılık gelen selüloz verimi ve beyazlık indeksi değerleri ile birlikte optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. Selüloz veriminin %22,90±2,48 ve beyazlık indeksinin %60,32±0,07 olduğu siyah havuç suyu atıklarından selülozun alkali ekstraksiyonu için optimum proses parametreleri NaOH konsantrasyonu %7,06; proses sıcaklığı 44,83 °C ve proses süresi 114,21 dk olarak belirlenmiştir. Siyah havuç suyu atıklarından elde edilen selülozdan %25 konsantrasyonda H₂SO₄ kullanılarak asidik hidroliz ile nanoselüloz üretilmiştir. Nanoselüloz verimi ve beyazlık indeksi sırasıyla %15,76±0,16 ve %58,77±0,26 olarak bulunmuştur. Nanoselülozun ortalama çapı (61±2,89 nm) ve uzunluğu (281±18,50 nm) Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile belirlenmiştir. Fourier Transform Infrared (FTIR) spektroskopisi sonucunda ise selülozik olmayan bileşenlerin uzaklaştırıldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Siyah havuç suyu atığı, Selüloz, Optimizasyon, Asit hidrolizi, Nanoselüloz

1. Introduction

The black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) is a type of carrot originated from Middle Asia and has been cultivated for thousands of years (Sucheta et al., 2020; Ağçam and Akyıldız, 2015). Nowadays, mostly in eastern countries such as Turkey, India, and the Far East black carrots are grown and consumed widely. Particularly in Turkey, they are raw materials of a fermented beverage called *şalgam* (Ünal and Bellur, 2009). The consumption of black carrots has been increasing in recent years due to their rich content of phytochemicals like flavonoids that play a role in preventing diseases (Akhtar et al., 2017; Sucheta et al., 2020). Furthermore, previous studies have reported that they are rich sources of many bioactive components such as carotenoids, and anthocyanins (Arscott and Tanumihardjo, 2010; Akhtar et al., 2017) which can be used as natural colorants in processed food products such as fruit juices, jam, and marmalade. In addition, it is known that the pulp that emerged during the processing of black carrot is an important waste in terms of vegetable fiber content (Ünal and Bellur, 2009; Singh et al., 2016).

Cellulose, a vegetable fiber, is the most abundant raw material in nature (Perez and Mazeau, 2005). Cellulose forms the structure called lignocellulose together with hemicellulose, lignin, ash, and extractives in the plant cell wall (Aksoy et al., 2023; Ghaemi et al., 2019; Smyth et al., 2017). The composition of lignocellulose found in plants and their wastes varies according to its source (Ghaemi et al., 2019). Previous studies showed that the plants and their wastes such as cotton, flax, hemp, sugar cane (Dorez et al., 2014), corn stover (Wartelle and Marshall, 2006; Liu et al., 2016), corn husk (Smyth et al., 2017) and rice straw (Wartelle and Marshall, 2006; Krishania et al., 2018) has high cellulose content in their structure. Cellulose is used in the production of many materials such as paper, coatings, and films, as well as cosmetics and pharmaceutical products (Perez and Mazeau, 2005).

Cellulosic materials with particle sizes generally below 100 nm are called nanocellulose. Nanocelluloses, each of which has different sizes and functions, are divided into three groups according to the cellulose source and process conditions. With the help of mechanical methods, acid hydrolysis or bacterial synthesis, microfibrillated cellulose (MFC), nanocrystalline cellulose (NCC), and bacterial nanocellulose (BC) can be obtained (Klemm et al., 2011). In previous studies, MFC was obtained from hemp (Pacaphol and Aht-Ong, 2017), kenaf (Davoudpour et al., 2015), bamboo (Wang et al., 2015), and lemon (Impoolsup et al., 2020) where the NCC was produced from apple pomace (Melikoğlu et al., 2019), rice peel (Johar et al., 2012), coffee peel (Collazo-Bigliardi et al., 2018) and mango seed (Henrique et al., 2013).

In this study, the lignocellulosic composition and physicochemical properties of black carrot juice waste were determined, and it was used as a source for the production of cellulose and nanocellulose. Extraction conditions were optimized to obtain a high-yield cellulose and whiteness index according to the properties of the black carrot juice waste.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

2.1.1. Plant Materials

Black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) juice waste (BCW) was obtained from Döhler Gıda San. A.Ş. BCW was dried in a vacuum oven (Nüve EV 018, Turkey) at 65 °C until reaching to 10-11% moisture content and grounded to ≈500 microns in a laboratory-type grinder (Brook Crompton Series 2000, England). The dry powder product was stored at 4 °C.

2.1.2. Chemicals

Merck (Darmstadt, Germany) branded benzene (C₆H₆), ethanol (C₂H₅OH), hydrochloric acid (HCl), sodium hydroxide (NaOH), sodium hypochlorite (NaClO), and sulfuric acid (H₂SO₄) were used for extractions. All chemicals were used in analytical purity.

2.2. Methods

2.2.1. Raw Material Analysis

The total dry matter content (TDM) of BCW was determined in triplicates (AOAC, 1990). Known amount weighed

samples were placed in aluminum weighing dishes and then dried in a vacuum oven (Nüve EV 018, Turkey) (65 °C, 515-775 mmHg) until reaching a constant weight. The TDM content was calculated according to Eq. 1.

$$\text{TDM (\%)} = \frac{\text{Weight}_{\text{dish+sample}} - \text{Weight}_{\text{dish}}}{\text{Weight}_{\text{initial sample}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

The water activity of BCW was measured by a Testo 645 water activity analyzer (Cemeroğlu, 2013). The pH value was measured potentiometrically by a pH meter (Inolab, WTW pH 720) (Albaş et al., 2022; Cemeroğlu, 2013). L^* , a^* , and b^* values (CIELAB color values) of BCW were measured by Hunter-Lab colorimeter Colorflex model color measurement device (Management Company, USA) (Toews and Wang, 2013; Tekin et al., 2023).

2.2.2. Compositional Analysis

For ash content, the BCW samples were weighed into the tared crucible and then burned at 550 °C for 5 hours (Rannou et al., 2015) and calculated according to (Eq. 2).

$$\text{Ash (\%)} = \frac{\text{Weight}_{\text{crucible+sample}} - \text{Weight}_{\text{pot}}}{\text{Weight}_{\text{initial sample}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

The extractive content of 10 g of BCW (W_0) was measured by treated with a solution of 2:1 benzene:ethanol (1:10 v/w) for 2 hours at 20 °C. After that sample was filtered and washed with distilled water and dried in a vacuum oven at 105 °C until reaching a constant weight (W_1) (Eq. 3) (Değermenci et al., 2019).

$$\text{Extractives (\%)} = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_0} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Holocellulose content was determined as the remaining part of the sample was treated with 100 mL sodium hypochlorite (NaClO - 5%) solution containing 2 mL acetic acid (CH₃COOH). The sample was kept in a water bath at 70 °C for 4 hours, then filtered and washed with distilled water. The sample was dried at 105 °C and then weighed (W_2) (Eq. 4) (Değermenci et al., 2019).

$$\text{Holocellulose (\%)} = \frac{W_2}{W_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

For cellulose content of BCW determination, the remaining sample was treated with 50 mL of 17.5% sodium hydroxide (NaOH) at 20 °C for 2 hours. The sample was filtered and washed with distilled water and weighed after drying at 105 °C (W_3) (Eq. 5) (Değermenci et al., 2019).

$$\text{Cellulose (\%)} = \frac{W_3}{W_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

The amount of hemicellulose was calculated by subtracting the amount of cellulose from the amount of holocellulose determined experimentally.

To determine the lignin content, the extractive-free sample was treated with 30 mL of 72% sulfuric acid (H₂SO₄) solution at 20 °C for 2 hours. Next, 300 mL of distilled water was added to the sample and boiled for 4 hours. The sample filtered and washed with distilled water was weighed after drying at 105 °C (W_4) (Eq. 6) (Değermenci et al., 2019).

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{W_4}{W_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

2.2.3. Preparation of Cellulose from Black Carrot Juice Waste

The sequential extraction method was used to obtain cellulose from BCW (Szymanka-Chargot et al., 2017; Melikoğlu et al., 2023). The sample was treated with a 2:1 benzene:ethanol (1:10 w/v) solution at 10 °C for 16 h and then boiled with 1 L distilled water at 80±5 °C for 30 min to remove extractives and water-soluble compounds. After these pre-treatments, the sample was boiled with 1 L of 1 M HCl solution at 80±5 °C for 30 min for acid treatment. In order to remove hemicellulose from BCW, the alkaline process parameters NaOH concentration (2-12%), temperature (25-110 °C), and time (60-240 min) were optimized (Chirayil et al., 2014; Collazo-Bigliardi et al., 2018; Dinand et al., 1999). Then, bleaching treatment was carried out using 5% NaClO solution at 90 °C for 30 min. The sample was filtered, washed with distilled water, and dried in a vacuum oven at 65 °C for 24 h.

2.2.4. Optimization of Alkaline Treatment Conditions

For the optimization of alkaline treatment parameters based on a previous study by Melikoğlu et al. (2023), Central Composite Design (CCD) of the response surface method (RSM) in the Design Expert program version 7.0.0 was used (State-Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA). In this context, NaOH concentration (2-12%) (A), process temperature (25-110 °C) (B), and time (60-240 min) (C) were chosen as independent variables. Cellulose yield (%) and whiteness index (%) were chosen as responses. A total of 20 experiments were carried out under different conditions, with 6 repetitions at the central point. According to the experiment results, a mathematical model was created for dependent variables using the multiple regression analysis method. The significant terms in the model were determined with the one-way analysis of variance (ANOVA), and the accuracy of the model was evaluated with the lack of fit and Fischer's test (F-value).

2.2.5. Nanocellulose Preparation from Black Carrot Juice Waste Cellulose

The acid hydrolysis process was applied to obtain nanocellulose from black carrot juice waste cellulose (BCW-C). Firstly, 10 mL of distilled water was added to the 5 g sample. In order to prevent overheating of the solution, 25 mL of H₂SO₄ in the burette was slowly dropped on the sample, which was also kept in an ice bath, and the sample's volume was made up to 100 mL by adding distilled water. Then, the sample was treated with 25% H₂SO₄ solution and mixed in a magnetic stirrer (MTOPTS MS300, South Korea) at 40 °C for 40 min. After that, centrifugation and dialysis processes were carried out to remove the acid residue in the samples. Centrifugation was performed at 4000 rpm for 15 min (Nüve NF 800, Turkey) and the supernatant was removed. Centrifugation was repeated 3 times by adding distilled water, the collected suspension was diluted with distilled water and kept in a dialysis bag (width of 33 mm, cut-off value: 14000). The dialysis process was continued for 4-7 days at 4 °C until the sample reached to neutral pH level. Then, the sample was homogenized with Ultra-Turax T25 (France) at 9000 rpm for 2 min. The next stage involved redistributing the nanocellulose by homogenizing the sample that had been held in an ice bath for 15 minutes (probe: 3 mm, power: 70 W) using an ultrasonic homogenizer (Bandelin Sonopuls 2450, Germany). The nanocellulose sample was dried in a freeze dryer at -48 °C for 24 h (Kumar et al., 2014; Melikoğlu et al., 2023).

2.2.6. Yield (%) Determination

The yield of cellulose and nanocellulose obtained from BCW was calculated with Eq. 7 (Melikoğlu et al., 2019).

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Obtained cellulose or nanocellulose (g)}}{\text{BCW sample (g)}} \times 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

2.2.7. Whiteness Index (%) Determination

The whiteness index of the cellulose and nanocellulose was calculated using Eq. 8 (Rodsamran and Sothornvit, 2015).

$$\text{Whiteness index (\%)} = \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eq. 8})$$

2.2.8. Fourier Transform-Infrared (FTIR) Analysis

Changes in the chemical composition of cellulose and nanocellulose obtained from BCW were determined with a Perkin Elmer FTIR spectrophotometer (Model System 2000, Perkin Elmer, USA). The spectra were recorded at the wavenumber range of 4000-500 cm⁻¹ (Kumar et al., 2014; Melikoğlu et al., 2023).

2.2.9. Atomic Force Microscopy (AFM) Analysis

The AFM analysis was performed using a Dimension Edge with ScanAsyst-SPM (Bruker, US) microscopy in a non-contact mode. One drop of a diluted suspension (1:100, v/v) of the dried BCW-C was placed on a mica substrate and allowed to air dry. The morphology and rough estimation of the size of the BCW-C were examined by the DME SPM software version 14.06 (Melikoğlu et al., 2019).

2.2.10. Statistical Analysis

The evaluation of the results of the analysis was made with the IBM SPSS 22 package program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The effect of the parameters on the results was determined by performing variance analysis and the differences between the means (P < 0.05) were determined by Duncan multiple comparison test.

3. Results and Discussion

3.1. Raw Material Analysis

Total dry matter, water activity, pH value, and color value analysis results of BCW are given in *Table 1*. The total dry matter content of BCW was 10.90%. The total dry matter content for black carrots was found as 13.15% (Ersus and Yurdagel, 2007), 11.62% (Demir, 2010), and 11.54% (Uçan Türkmen et al., 2018) in previous research. The samples were found very acidic (pH 2.96) and the water activity was 0.98.

Table 1. Total dry matter, water activity, pH value, and color value analysis results of BCW

Sample	Total dry matter (%)	Water activity	pH Value	Color Values		
				L*	a*	b*
BCW	10.90±0.46	0.98±0.01	2.96±0.01	45.09±0.05	13.95±0.02	9.50±0.02

3.2. Compositional Analysis

Compositional analysis results of BCW are given in *Table 2*. It has been determined that the most abundant lignocellulosic compound in BCW is extractives. Extractives in the plant cell wall, consist of low molecular weight carbohydrates, salts, waxes, oils, resins, phenolic compounds, and flavonoids (Ghaemi et al., 2019). In previous studies, BCW has been reported to be a good source of carbohydrates, terpenes (terpinolene, terpinene, caryophyllene), and phenolic compounds (Smeriglio et al., 2018; Sharma et al., 2012). Also, in previous studies, the hemicellulose, lignin, and cellulose contents of carrot, which is a different species from black carrot, were reported to vary between 1.80-17.50%, 0.49-6.70% and 10.01-28.00%, respectively (Rani and Kawatra, 1994; Nawirska and Kwasniewska, 2005; Szymanska-Chargot et al., 2017). It was found that the lignin and cellulose concentration of BCW was comparable to that of previous research on carrots. However, it was determined that the hemicellulose content of BCW was higher than the literature where the type of raw material, the time of planting and harvesting, the cultivation method and extraction conditions could be the reasons of these differences (Ghaemi et al., 2019).

Table 2. Compositional analysis results of BCW

Analysis	Result
Ash (%)	3.10±0.30
Extractives (%)	44.27±2.06
Holocellulose (%)	38.58±5.10
Hemicellulose (%)	17.92±5.24
Lignin (%)	2.03±0.32
Cellulose (%)	20.67±1.35

3.3. Preparation of Cellulose from Black Carrot Juices Waste

3.3.1. Optimization of the Alkaline Treatment

The effects of alkaline treatment parameters on the yield (%) and whiteness index (%) of BCW-C are given in *Table 3*. In the RSM-CCD experimental design of BCW-C, it was found that the cellulose yield varied between 17.45 and 25.63% and the whiteness index value ranged from 60.91 to 67.66% (*Table 3*).

According to ANOVA results, with a 95% confidence level ($P < 0.05$), it was determined that the model is significant for cellulose yield ($P < 0.0001$) and whiteness index values ($P < 0.0001$). Also, the lack of fit values for both responses ($P = 0.2865$ and $P = 0.1187$, respectively) was found to be insignificant. The significance of the model and the insignificance of the lack of fit shows the suitability of the mathematical model in terms of cellulose yield and whiteness index of BCW (Behera et al., 2018). Also, the R^2 value, which is a value that shows how much of the experimental data change is met in the model, is above 0.75 proves that the model is successful (Le Man et al., 2010; Owolabi et al., 2018). However, for a good model and a correct optimization, the adj- R^2 value, which is one of the other criteria, should also be higher than 0.80 (Myers et al., 2009; Rheem et al., 2017). The R^2 value was 0.95 for the cellulose yield and 0.94 for the whiteness index, and the adj- R^2 values were 0.91 for both responses. Therefore, considering these results, it has been seen that the model is suitable for optimization. ANOVA results also stated that all three alkali process parameters alone did not have significant effects on the cellulose yield ($P > 0.05$) and have significant effects on the whiteness. index ($P < 0.05$). For cellulose yield, the effects of temperature x temperature, time

x time, NaOH concentration x NaOH concentration x temperature, and NaOH concentration x temperature x temperature were found to be statistically significant ($P < 0.05$). The effects of NaOH concentration x NaOH concentration, and NaOH concentration x NaOH concentration x time were found to have significant effects on the whiteness index ($P < 0.05$).

Table 3. RSM-CCD experimental design prepared for BCW-C

Run	NaOH concentration (%) (A)	Temperature (°C) (B)	Time (min) (C)	Yield (%)	Whiteness index (%)
1	7.00	25.00	150.00	21.67	63.79
2	4.03	42.23	96.49	25.17	62.05
3	4.03	42.23	203.51	25.63	62.46
4	9.97	42.23	96.49	23.18	63.92
5	9.97	42.23	203.51	23.35	64.25
6	2.00	67.50	150.00	22.17	61.53
7	7.00	67.50	60.00	21.69	60.91
8	7.00	67.50	150.00	22.36	65.30
9	7.00	67.50	150.00	23.13	64.82
10	7.00	67.50	150.00	23.64	65.87
11	7.00	67.50	150.00	23.67	65.02
12	7.00	67.50	150.00	23.86	65.40
13	7.00	67.50	150.00	23.08	65.04
14	7.00	67.50	240.00	19.87	67.66
15	12.00	67.50	150.00	21.73	66.20
16	4.03	92.77	96.49	21.01	64.75
17	4.03	92.77	203.51	20.76	65.20
18	9.97	92.77	96.49	17.45	67.51
19	9.97	92.77	203.51	17.86	66.50
20	7.00	110.00	150.00	20.89	66.17

Model equations for cellulose yield and whiteness index of BCW are given in Eq. 9 and 10.

$$\text{Yield (\%)} = 23.27 - 0.13x(A) - 0.23x(B) - 0.17x(C) - 0.27x(A)x(B) - 0.35x(A^2) - 0.59x(B^2) - 0.76x(C^2) - 2.30x(A^2)x(B) - 1.21x(A)x(B^2) \quad (\text{Eq. 9})$$

$$\text{Whiteness Index (\%)} = 65.20 + 1.14x(A) + 1.12x(B) + 2.01x(C) - 0.19x(A)x(C) - 0.43x(A^2) - 0.28x(C^2) - 1.98x(A^2)x(C) \quad (\text{Eq. 10})$$

The effect of the interaction between NaOH concentration, temperature, and time on the cellulose yield and whiteness index was represented by the 3D response surface plots (*Figure 1-2*). It was observed that the cellulose yield increased at the experimental points where the NaOH concentration and temperature were low, while it decreased at the points where both parameters increased (*Figure 1a*). Also, in *Figure 1b, c*, where the effects of time x NaOH concentration and time x temperature interactions on cellulose yield are given, it is seen that cellulose with high yield is obtained regardless of time, where NaOH concentration and temperature were low. As can be seen from the results, it can be concluded that the cellulose was damaged at the points where the concentration and the temperature were high, thus decreasing the cellulose yield (Rodsamran and Sothornvit, 2015; Melikoğlu et al., 2019).

When the effects of alkali process parameters such as NaOH concentration, temperature, and time interactions on the whiteness index were examined, it was observed that the whiteness index value increased due to the increase of all three parameters (*Figure 2a, b, c*). In previous studies, it has been reported that the whiteness index value of cellulose increases with the removal of non-cellulosic components that form brown shades with high alkali treatment conditions

applied before bleaching (Rodsamran and Sothornvit, 2015).

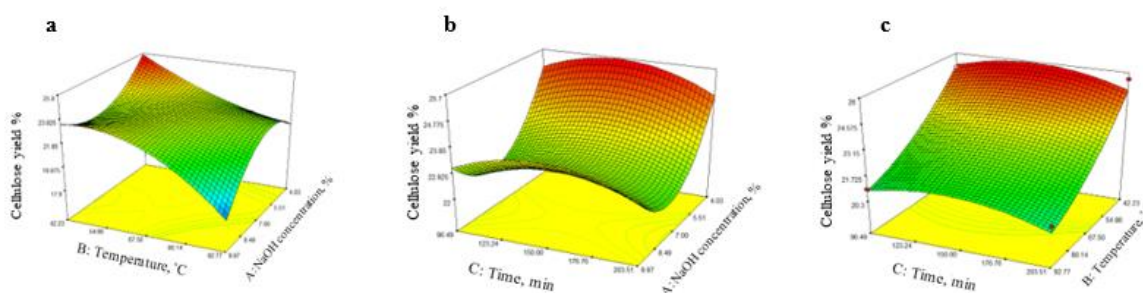


Figure 1. 3D response surface plots of optimization (a: Effect of NaOH concentration and temperature on cellulose yield, b: Effect of NaOH concentration and time on cellulose yield, c: Effect of time and temperature on cellulose yield.)

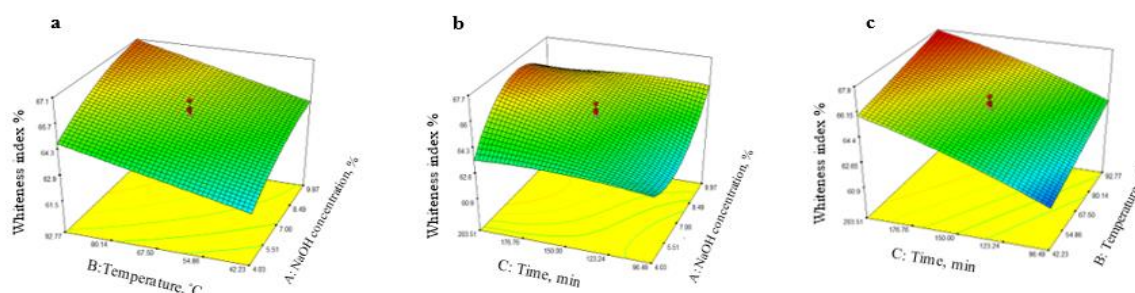


Figure 2. 3D response surface plots of optimization (a: Effect of NaOH concentration and temperature on whiteness index, b: Effect of NaOH concentration and time on whiteness index, c: Effect of time and temperature on whiteness index)

The effects of alkali process parameters on the cellulose yield and whiteness index of the wastes were determined by one-way analysis of variance (ANOVA). In the next step, the point where the alkali process parameters give the optimum cellulose yield and whiteness index values was found using the RSM-CCD in the Design Expert program. According to the RSM-CCD results, a NaOH concentration of 7.06%, a temperature of 44.83 °C, and a time of 114.21 min were found as optimum points. Cellulose yield and whiteness index values at the optimum points were predicted by the program as 22.76 and 62.76%, respectively. When the experiments were performed at the optimum points, cellulose with 22.90±2.48% yield and 60.32±0.07% whiteness index was handled from BCW which fits with the theoretical results properly.

3.4. Nanocellulose Preparation From Black Carrot Juice Waste Cellulose

Nanocellulose was obtained from BCW-C by acid hydrolysis (Figure 3). For this purpose, 25% H₂SO₄ solution was used, and the process was applied at 40 °C for 40 min. When the previous studies on the production of nanocellulose were examined, it was found that H₂SO₄ was generally used above 60% concentration for acid hydrolysis (Frone et al., 2017; Collazo-Bigliardi et al., 2018; Smyth et al., 2017). However, in the present study, it has been observed that the obtained nanocellulose burns, and its color turns black when the H₂SO₄ exceeds 25% due to the increase in acid concentration and temperature. Similar results were reported by Vanderfleet et al. (2019) and Yu et al. (2021). As a result of acid hydrolysis, nanocellulose with 15.76±0.13% yield and 58.77±0.26% whiteness index was found for BCW-C. It has been found that the whiteness index value of the nanocellulose obtained from BCW-C is lower than the cellulose. This is due to the conversion of some of the hydroxyl groups into sulfate groups in the crystalline region of cellulose depending on the acid hydrolysis conditions (Börjesson and Westman, 2015).

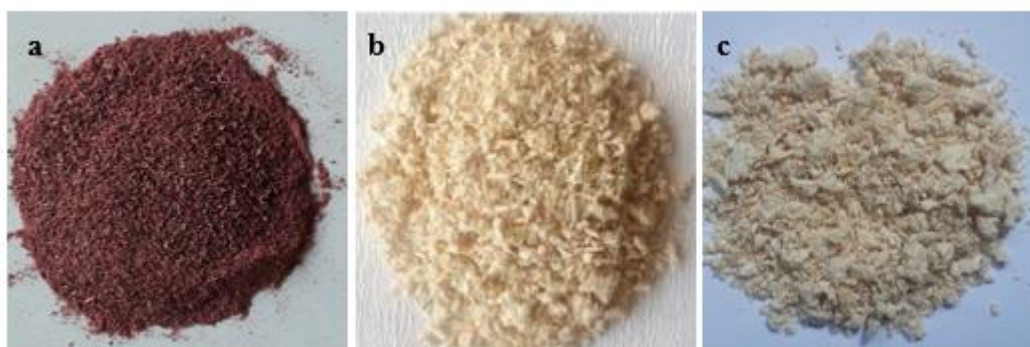


Figure 3. a: BCW, b: BCW-C, c: Nanocellulose from BCW-C

3.5. Fourier Transform-Infrared (FTIR) Analysis

The FTIR spectrum of the BCW, BCW-C, nanocellulose, and their typical functional groups are shown in Table 4 and Figure 4. BCW, BCW-C, and nanocellulose peaks were observed in the O-H stretching band, which is an indicator of hydrophilic tendency (Chirayil et al., 2014). It has been reported that the band gap of 1720 to 1750 cm^{-1} in the FTIR spectrum corresponds to the C=O stretching vibrations of the xylene, carbonyl, and acetyl groups in hemicellulose and lignin, thus the peaks formed at this point prove the presence of hemicellulose and lignin (Qazanfarzadeh and Kadivar, 2016). The peak which is clearly observed in the spectrum of BCW at 1731 cm^{-1} , but disappears in the cellulose and nanocellulose spectrum, shows that the chemical processes applied to the BCW effectively remove the hemicellulose and lignin in its structure (Qazanfarzadeh and Kadivar, 2016). Furthermore, there is a prominent peak in the BCW spectrum at the 1237 cm^{-1} band, indicative of the presence of lignin (Smyth et al., 2017; Szymanska-Chargot et al., 2018; Borges de Oliveira et al., 2016). The disappearance of this peak in BCW-C and nanocellulose spectra indicates that lignin is removed from their structure. Effective processes for removing hemicellulose and lignin from black carrot waste include alkali treatment, acid hydrolysis, steam explosion, enzymatic hydrolysis, microbial pretreatment, and solvent pretreatment, often employed individually or in combination to optimize lignin and hemicellulose removal while preserving cellulose (Tian et al., 2017). When the FTIR results obtained in this study are evaluated, it can be concluded that the applied alkaline and bleaching process is effective in removing hemicellulose and lignin in the structure of BCW.

Table 4. Specific band in FTIR spectrum

Absorption band	Wave numbers (cm^{-1})	BCW	BCW-C	Nanocellulose
O-H stretching intramolecular hydrogen bond	3250-3400	3360	3360	3360
C-H stretching	≈ 2900	2917	2917	2917
C=O stretching vibration of the carbonyl and acetyl groups	1720-1750	1731	-	-
O-H bending of water	≈ 1600	1624	-	-
C-O-C stretching	≈ 1230	1237	-	-
C-O stretching vibration band in the structure of cellulose	≈ 1000	1031	1031	1031
Glycosidic C-H stretch vibration band of cellulose	850-900	897	897	897

3.6. Atomic Force Microscopy (AFM) Analysis

2D and 3D images of the nanocellulose obtained from BCW-C are given in Figure 5. It can be seen that the obtained nanocellulose is interlocked like a network structure. In addition, the average values of the nanocellulose were calculated as 281 ± 18.50 nm in length with a diameter of 61 ± 2.89 nm. It has been determined that the mean diameter of nanocellulose obtained from BCW is in the range of diameter given for the nanocellulose samples obtained by acid hydrolysis in the literature. In previous studies, it was determined that the diameter values of 30 to 70 nm for

nanocellulose obtained from corn cob and 50 nm for nanocellulose obtained from rice husk are close to the diameter values of nanocelluloses obtained in the present study (Ditzel et al., 2017; Islam et al., 2018).

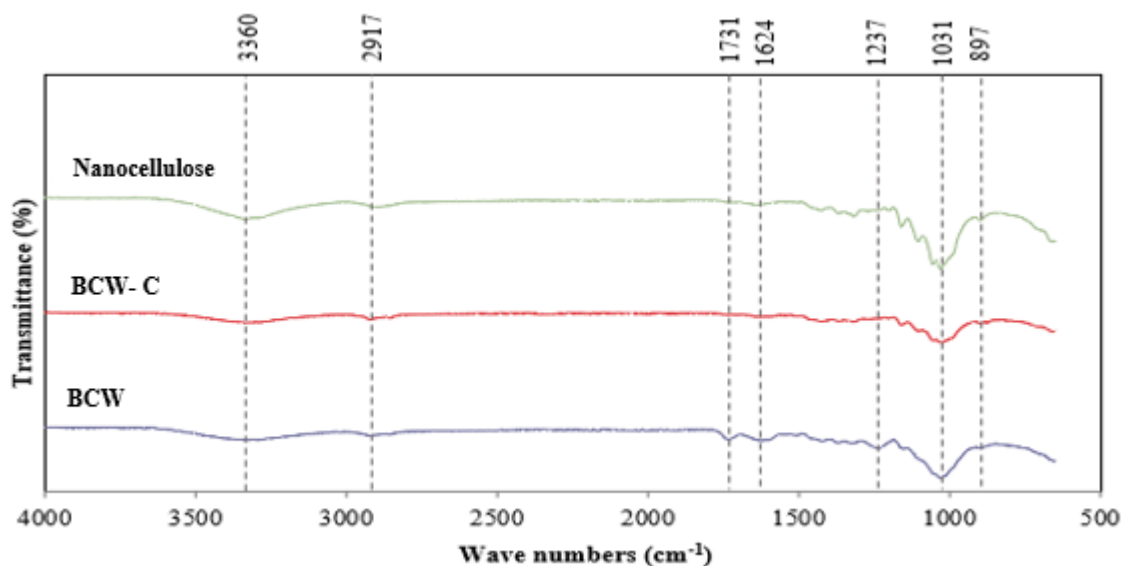


Figure 4. FTIR spectrum of BCW, BCW-C, and nanocellulose.

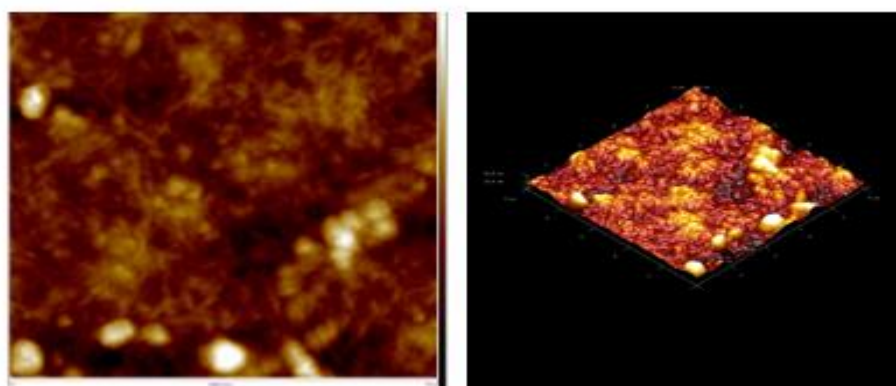


Figure 5. 2D and 3D images of nanocellulose from BCW-C

4. Conclusions

It is known that the production of black carrot juice and concentrate as a natural colorant is quite high, therefore waste assessment is very important in economic and environmental approaches. The waste is a very valuable source for nanocellulose production due to the high cellulose (20.67%) content. Cellulose with a yield of $22.90 \pm 2.48\%$ and a whiteness index of $60.32 \pm 0.07\%$ was gained at the optimum alkaline extraction conditions which were 44.83°C / 114.21 min with 7.06% NaOH solution. Nanocellulose with $15.76 \pm 0.16\%$ yield and 58.77 ± 0.26 whiteness index was obtained from cellulose. Chemical treatments were found effective in the removal of lignin and hemicellulose and did not affect the structure of cellulose negatively. The nanocellulose gained from cellulose had an average diameter of 61 nm and a length of 281 nm.

Ethical Statement

There is no need to obtain permission from the ethics committee for this study.

Conflicts of Interest

We declare that there is no conflict of interest between us as the article authors.

Authorship Contribution Statement

Concept: Seda ERSUS; Design: Seda ERSUS; Data Collection or Processing: Nergiz HAYATIOĞLU, İdil TEKİN; Statistical Analyses: Nergiz HAYATIOĞLU, İdil TEKİN; Literature Search: Nergiz HAYATIOĞLU, İdil TEKİN, Seda ERSUS; Writing, Review and Editing: Nergiz HAYATIOĞLU, İdil TEKİN, Seda ERSUS.

References

- Ağçam, E. and Akyıldız, A. (2015). Effects of Different Solvents And Acid Consantrations On Extraction Of Anthocyanins From Black Carrot Pomace. *Gıda*, 40(3): 149-156 (In Turkish).
- Akhtar, S., Rauf, A., Imran, M., Qamar, M., Riaz, M. and Mubarak, M.S. (2017). Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66: 36-47.
- Aksoy, M., ÇELİK, A., Mahmut, D. O. K., Yücel, C. and Aydın, K. (2023). Determination of cellulosic bioethanol yield of sweet sorghum genotypes grown under Cukurova Conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 61-70 (In Turkish).
- Albaş, M. G., Gürbüz, B., Bölük, E., Atik, D. S., Velioglu, M. and Palabiyik, İ. (2022). The effect of lactic acid based propolis addition on the shelf life of fresh strawberry juice. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 19(4): 788-797 (In Turkish).
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the AOAC, Volume 2 (No. Ed. 15), Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Arscott, S. and Tanumihardjo, S. A. (2010). Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2): 223-239.
- Behera, S. K., Meena, H., Chakraborty, S. and Meikap, B. C. (2018). Application of response surface methodology (RSM) for optimization of leaching parameters for ash reduction from low-grade coal. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(4): 621-629.
- Borges de Oliveira, F., Bras, J., Pimenta, M. T. B., Aprigio da Silva Curvelo, A. and Belgacem, M. N. (2016). Production of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse fibersand pith. *Industrial Crops and Products*, 93: 48-57.
- Börjesson, M. and Westman, G. (2015). Crystalline Nanocellulose — Preparation, Modification, And Properties. 159-191, *Cellulose - Fundamental Aspects and Current Trends*, Matheus Poletto (Ed.), IntechOpen, England, 284.
- Cemeroğlu, B. (2013). Food Analysis, Food Technology Association Publications, Ankara (In Turkish).
- Chirayil, C. J., Joy, J., Mathew, L., Mozetic, M., Koetz, J. and Thomas, S. (2014). Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from *Helicteres isora* plant. *Industrial Crops and Products*, 59: 27-34.
- Collazo-Bigliardi, S., Ortega-Toro, R. and Boix, A.C. (2018). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk. *Carbohydrate Polymers*, 191: 205-215.
- Davoudpour, Y., Hossain, S., Abdul Khalil, H. P. S., Mohammad Haafiz, M. K., Mohd Ishak, Z. A., Hassan, A. and Sarker, Z. I. (2015). Optimization of high-pressure homogenization parameters for the isolation of cellulosic nanofibers using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 74: 381-387.
- Değermenci, G. D., Değermenci, N., Ayvaoglu, V., Durmaz, E., Çakır, D. and Akan, E. (2019). Adsorption of reactive dyes on lignocellulosic waste; characterization, equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Cleaner Production*, 225: 1220-1229.
- Demir, D. (2010). *Effect of drying and various pre-drying blanching treatments on antioxidant compounds from black carrot*. (MSc. Thesis) Selçuk University Institute of Science, Konya, Türkiye.
- Dinand, E., Chanzy, H. and Vignon, M. R. (1999). Suspensions of cellulose microfibrils from sugar beet pulp. *Food Hydrocolloids*, 13: 275-283.
- Ditzel, F. I., Prestes, E., Carvalho, B. M., Demiate, I. M. and Pinheiro, L. A. (2017). Nanocrystalline cellulose extracted from pine wood and corn cob. *Carbohydrate Polymers*, 157: 1577-1585.
- Dorez, G., Ferry, L., Sonnier, R., Taguet, A. and Lopez-Cuesta, J. M. (2014). Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 107: 323-331.
- Ersus, S. and Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80: 805-812.
- Frone, A. N., Chiulan, I., Panaitescu, D. M., Nicolae, C. A., Ghiuera, M. and Galan, A. M. (2017). Isolation of cellulose nanocrystals from plum seed shells, structural and morphological characterization. *Materials Letters*, 194: 160-163.
- Ghaemi, F., Abdullah, L. C. and Ariffin, H. (2019). Lignocellulose structure and the effect on nanocellulose production. 17-30, *Lignocellulose for Future Bioeconomy*, Ariffin, H., Sapuan, S.M. and Hassan, M.A. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 360 p.
- Henrique, M. A., Silverio, H. A., Neto, W. P. F. and Pasquini, D. (2013). Valorization of an agro-industrial waste, mango seed, by the extraction and characterization of its cellulose nanocrystals. *Journal of Environmental Management*, 121: 202-209.
- Impoolsup, T., Chiewchan, N. and Devahastin, S. (2020). On the use of microwave pretreatment to assist zero-waste chemical-free production process of nanofibrillated cellulose from lime residue. *Carbohydrate Polymers*, 230: 115630.
- Islam, S., Kao, N., Bhattacharya, S. N., Gupta, R. and Choi, H. J. (2018). Potential aspect of rice husk biomass in Australia for nanocrystalline cellulose production. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26: 465-476.
- Johar, N., Ahmad, I. and Dufresne, A. (2012). Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, 37: 93-99.

- Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D. and Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: A new family of nature-based materials. *Angewandte Chemie International Edition Abbreviation*, 50: 5438-5466.
- Krishania, M., Kumar, V. and Sangwan, R. S. (2018). Integrated approach for extraction of xylose, cellulose, lignin and silica from rice straw. *Bioresource Technology Reports*, 1: 89-93.
- Kumar, A., Negi, Y. S., Choudhary, V. and Bhardwaj, N. K. (2014). Characterization of cellulose nanocrystals produced by acid-hydrolysis from sugarcane bagasse as agro-waste. *Journal of Materials Physics and Chemistry*, 2(1): 1-8.
- Le Man, H., Behera, S. K. and Park, H. S. (2010). Optimization of operational parameters for ethanol production from Korean food waste leachate. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7(1): 157-164.
- Liu, K.X., Li, H.Q., Zhang, J., Zhang, Z.G. and Xu, J. (2016). The effect of non-structural components and lignin on hemicellulose extraction. *Bioresource Technology*, 214: 755-760.
- Melikoğlu, A. Y., Bilek, S. E. and Cesur, S. (2019). Optimum alkaline treatment parameters for the extraction of cellulose and production of cellulose nanocrystals from apple pomace. *Carbohydrate polymers*, 215: 330-337.
- Melikoğlu, A. Y., Tekin, İ., Hayatioğlu, N. and Ersus, S. (2023). Development of environmentally friendly composite packaging films from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) plant wastes. *Food Bioscience*, 55: 102991.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C. and Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response Surface Methodology*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 20, 38-44.
- Nawirska, A. and Kwasniewska, M. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 91: 221-225.
- Owolabi, R. U., Usman, M. A. and Kehinde, A. J. (2018). Modelling and optimization of process variables for the solution polymerization of styrene using response surface methodology. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 30(1): 22-30.
- Pacaphol, K. and Aht-Ong, D. (2017). Preparation of hemp nanofibers from agricultural waste by mechanical defibrillation in water. *Journal of Cleaner Production*, 142: 1283-1295.
- Perez, S. and Mazeau, K. (2005). Conformations, structures, and morphologies of celluloses. *Polysaccharides – Structural Diversity and Functional Versatility*, 2: 41-68.
- Qazanfarzadeh, Z. and Kadivar, M. (2016). Properties of whey protein isolate nanocomposite films reinforced with nanocellulose isolated from oat husk. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91: 1134-1140.
- Rani, B. and Kawatra, A. (1994). Fibre constituents of some foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 45: 343-347.
- Rannou, C., Queveau, D., Beaumal, V., David-Briand, E., Le Borgne, C., Meynier, A., Anton, M., Prost, C., Schuck, P. and Loisel, C. (2015). Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n3 enriched egg yolk powders. *Journal of Food Engineering*, 154: 58-68.
- Rheem, S., Rheem, I. and Oh, S. (2017). Response Surface Methodology Using a fullest balanced model: A re-analysis of a dataset in the Korean Journal for Food Science of Animal Resources. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(1): 139.
- Rodsamran, P. and Sothornvit, R. (2015). Renewable cellulose source: isolation and characterisation of cellulose from rice stubble residues. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 1953-1959.
- Sharma, K.D., Karki, S., Thakur, N.S. and Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties, and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 22-32.
- Singh, J.P., Kaur, A., Shevkani, K. and Singh, N. (2016). Composition, bioactive compounds and antioxidant activity of common Indian fruits and vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 53(11): 4056-4066.
- Smeriglio, A., Denaro, M., Barreca, D., D'Angelo, V., Germano, M.P. and Trombetta, D. (2018). Polyphenolic profile and biological activities of black carrot crude extract (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrurubens* Alef.). *Fitoterapia*, 124: 49-57.
- Smyth, M., Garcia, A., Rader, C., Foster, E.J. and Bras, J. (2017). Extraction and process analysis of high aspect ratio cellulose nanocrystals from corn (*Zea mays*) agricultural residue. *Industrial Crops and Products*, 108: 257-266.
- Sucheta, Misra, N.N. and Yadav, S.K. (2020). Extraction of pectin from black carrot pomace using intermittent microwave, ultrasound and conventional heating: Kinetics, characterization and process economics. *Food Hydrocolloids*, 102: 105592.
- Szymanska-Chargot, M., Chylinska, M., Gdula, K., Koziol, A. and Zdunek, A. (2017). Isolation and characterization of cellulose from different fruit and vegetable pomaces. *Polymers*, 9(10): 1-16.
- Szymanska-Chargot, M., Ciesla, J., Chylinska, M., Gdula, K., Pieczywek, P.M., Koziol, A., Cieslak, K.J. and Zdunek, A. (2018). Effect of ultrasonication on physicochemical properties of apple based nanocellulose-calcium carbonate composites. *Cellulose*, 25: 4603-4621.
- Tekin, İ., Özcan, K. and Ersus, S. (2023). Optimization of ionic gelling encapsulation of red beet (*Beta vulgaris* L.) juice concentrate and stability of betalains. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 51: 102774.

- Tian, D., Chandra, R. P., Lee, J. S., Lu, C. and Saddler, J. N. (2017). A comparison of various lignin-extraction methods to enhance the accessibility and ease of enzymatic hydrolysis of the cellulosic component of steam-pretreated poplar. *Biotechnology for Biofuels*, 10: 1-10.
- Toews, R. and Wang, N. (2013). Physicochemical and functional properties of protein concentrate from pulses. *Food Research International*, 52(2): 445-451.
- Uçan Türkmen, F., Mercimek Takcı, H.A., Özmermer, S., Bozkurt, Y., Güneri, A. and Elagöz, Z. (2018). Determination of the influences of microwave and pasteurization applications on quality parameters of black carrot. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(2): 196-206 (In Turkish).
- Ünal, M.Ü. and Bellur, E. (2009). Extraction and characterization of pectin methylesterase from black carrot (*Daucus carota* L.). *Food Chemistry*, 116: 836-840.
- Vanderfleet, O. M., Reid, M. S., Bras, J., Heux, L., Godoy-Vargas, J., Panga, M. K. and Cranston, E. D. (2019). Insight into thermal stability of cellulose nanocrystals from new hydrolysis methods with acid blends. *Cellulose*, 26: 507-528.
- Wang, H., Zhang, X., Jiang, Z., Li, W. and Yu, Y. (2015). A comparison study on the preparation of nanocellulose fibrils from fibers and parenchymal cells in bamboo (*Phyllostachys pubescens*). *Industrial Crops and Products*, 71: 80-88.
- Wartelle, L.H. and Marshall, W.E. (2006). Quaternized agricultural by-products as anion exchange resins. *Journal of Environmental Management*, 78: 157-162.
- Yu, X., Jiang, Y., Wu, Q., Wei, Z., Lin, X. and Chen, Y. (2021). Preparation and characterization of cellulose nanocrystal extraction from *Pennisetum hybridum* fertilized by municipal sewage sludge via sulfuric acid hydrolysis. *Frontiers in Energy Research*, 9: 774783.