



jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

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

**Issue: 4
Volume: 19
2022**



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 19

Sayı / Issue 4

Aralık / December 2022

Owner (On Behalf of Faculty)	Sezen ARAT Tekirdag Namik Kemal University
Editor-in-Chief	Duygu BOYRAZ ERDEM Tekirdag Namik Kemal University
Editorial Management	Hüseyin SARI, Tekirdag Namik Kemal University Hazım Serkan TENİKEÇİER, Tekirdag Namik Kemal University
Section Editors	Fatih KONUKÇU, Tekirdag Namik Kemal University Ayдын ADİLOĞLU, Tekirdag Namik Kemal University H. Ersin ŞAMLI, Tekirdag Namik Kemal University Gülen ÖZDEMİR, Tekirdag Namik Kemal University Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdag Namik Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namik Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namik Kemal University A. Şükrü DEMİRCİ, Tekirdag Namik Kemal University Nihal KILIÇ, Tekirdag Namik Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namik 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 DAĐDELEN, 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 BEZIRTZOĐLOU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Songül ÇAKMAKÇI, Atatürk University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuđrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GÖKSÖY, Bursa Uludađ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĐAN, Bursa Uludađ 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 Namik Kemal University
Statistics Editor	İsmet BAŞER, Tekirdag Namik Kemal University

jotaf



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date

Aralık / December 2022

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



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 19

Sayı / Issue 4

Aralık / December 2022

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Soyanın Farklı Gelişim Dönemlerinde Uygulanan Yaprak Gübresinin Yaprak Alanı, Klorofil ve Besin İçeriklerine Etkisi 712-723
Cenk Burak ŞAHİN, Necmi İŞLER
- Tozlayıcı Olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki Üzüm Çeşitlerinin Kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi 724-736
Esra ŞAHİN, Alper DARDENİZ
- Contact Toxicity of Hypericum Extracts against *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) 737-744
Cennet YAMAN, Şeyda ŞİMŞEK
- Tarım İşletmelerinde İşgücü Etkinliğinin Artırılmasında Sermayenin Önemi 745-755
Zuhal KARAKAYACI, Merve BOZDEMİR AKÇİL, Orhan EROĞLU, Zeki BAYRAMOĞLU
- Assessment of Meteorological and Agricultural Drought Analysis in Kırklareli province 756-768
Fatih BAKANOĞULLARI, Erdem BAHAR, Cantekin KIVRAK, Mehmet GÜR
- Determination of the Effects of Some Additives Added to the Mixture of Diesel and Safflower Biodiesel on Exhaust Emissions 769-787
Seda ŞAHİN, Hakan Okyay MENGES
- Laktik Asit Bazlı Propolis İlavesinin Taze Çilek Suyunun Raf Ömrüne Etkisi 788-797
Merve Gözde ALBAŞ, Başak GÜRBÜZ, Esra BÖLÜK, Didem SÖZERİ ATİK, Hasan Murat VELİOĞLU, İbrahim PALABIYIK
- Türkiye’de Yetiştirilen Pekin Ördeklerinde Büyüme Hormonu Geni Polimorfizmi 798-806
Candan ERİŞ, Cengiz ELMACI
- Impacts of Different Processing Techniques on Chemical and Mineral Components of Wild-Grown Edible Mushroom (*Lactarius semisanguifluus* R. Heim & Leclair) 807-818
Emine AYDIN, İsmail Bulent GURBUZ
- Determination of the Application Parameters of Spraying Drones for Crop Production in Hazelnut Orchards in Turkey 819-828
Hasan Berk ÖZYURT, Hüseyin DURAN, İlker Hüseyin ÇELEN
- Domates Bakteriye Benek Hastalığının Biyolojik Mücadelesinde Farklı Bacillus Türlerinin Kullanımı 829-839
Özgür GÜLDOĞAN, Benian Pınar AKTEPE, Yeşim AYSAN
- Commercialization of Pigeon Pea Production: Its Determinants and Constraints 840-849
Abraham FALOLA, Ridwan MUKAILA, Taiwo Funmilola LAWAL, Michael Ayodele AKINSUYI

jotaf

Soyanın Farklı Gelişim Dönemlerinde Uygulanan Yaprak Gübresinin Yaprak Alanı, Klorofil ve Besin İçeriklerine Etkisi*

Effects of Foliar Fertilizer Applications on Leaf Area, Chlorophyll and Nutritional Content at Different Growth Stages of Soybean

Cenk Burak ŞAHİN^{1*}, Necmi İŞLER²

Öz

Optimum büyümenin sağlanması ve yüksek verim için bitkiler, bitki besin elementlerinin toprakta alınabilir formda ve yeterince var olmasına gereksinim duymaktadır. Ancak, Akdeniz Bölgesi gibi kireç içeriği ve pH'sı yüksek topraklarda bulunan makro ve mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı kısıtlı olmakta, bazı durumlarda ise bitki tarafından kullanılamamaktadır. Bu gibi topraklarda gerekli besin elementinin, özellikle mikro bitki besin elementlerinin yaprak gübresi şeklinde verilmesi bitkinin daha hızlı ve etkili şekilde faydalanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, soya bitkisinin (*Glycine max* L.) farklı gelişim dönemlerinde (V3, R1, R3) yaprak gübresi şeklinde verilen çinko ve demir besin elementlerinin klorofil içeriği (SPAD), yaprak alan indeksi (LAI) ve soya bitkisinin kimyasal kompozisyonuna etkisi incelenmiştir. Deneme, 2018 ve 2019 yıllarında ikinci ürün olarak Amik Ovası (Hatay) koşullarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Ana parsellere çeşitler (Arısoy, Bravo, Nazlıcan), alt parsellere gelişim dönemleri (V3, R1, R3) ve alt alt parsellere gübre uygulamaları (Kontrol, Çinko, Demir, Çinko + Demir) yerleştirilmiştir. Soya bitkisine farklı gelişim dönemlerinde uygulanan demir ve çinko yaprak gübreleri, kontrol grubuna göre SPAD ve LAI değerlerini artırmıştır. En yüksek klorofil içeriği (SPAD değeri) Nazlıcan × R3 × Zn + Fe (36.03) uygulamasından alınırken, en yüksek yaprak alan indeksi değeri ise Bravo × V3 × Fe (7.57) uygulamasından alınmıştır. Klorofil içeriği tespitinde (SPAD değerleri) generatif dönem ölçümlerinde yüksek sonuç alınırken, yaprak alan indeksi ölçümlerinde ise vejetatif dönem daha iyi sonuç vermiştir. Yaprak besin elementi içerikleri yönünden incelendiğinde ise generatif dönemde yapılan uygulamalar neticesinde çinko ve demir birikimleri daha fazla olmuştur. Sonuç olarak, kireçli topraklarda soya bitkisinin ihtiyacı olan mikro besin elementlerinin yaprak gübrelemesi ile karşılanabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Klorofil içeriği, LAI, Demir, Çinko, *Glycine max* L., Yaprak gübresi

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cenk Burak Şahin, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay-Türkiye. E-mail: cbsahin@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6270-8184.

²Necmi İşler, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay-Türkiye. E-mail: nisler@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5877-7830.

Atıf/Citation: Şahin, C.B., İşler, N. (2022). Soyanın farklı gelişim dönemlerinde uygulanan yaprak gübresinin yaprak alanı, klorofil ve besin içeriklerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 712-723.

*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Plants need all plant nutrition elements to be available and adequate level in soil for optimum growth and yield production. The uptake of macro and micro nutrients by plants is limited or they can not be beneficial for plants in calcareous soils with high pH such as being in Mediterranean Region. In such situations, management strategies such as foliar spray can be useful to benefit of plants from them particularly under soil-limed condition with restricted micronutrients uptake. In this study, it was aimed to evaluate the effects of foliar-applied zinc and iron on chlorophyll content, leaf area index (LAI) and chemical composition of soybean (*Glycine max* L.) at different growth stages. Field experiments were conducted over during the second crop seasons of the years 2018 and 2019 under the conditions of Hatay Province. The experiment was designed as split-split plot design with three replications. Varieties (Arısoy, Bravo, Nazlıcan) were placed in main plots, growth stages (V3, R1, R3) in sub-plots and foliar fertilizers (control, zinc, iron, zinc + iron) in sub-sub-plots. Foliar application of iron and zinc increased chlorophyll content and LAI values at different stages of growth in contrast to control (untreated) groups. The highest SPAD value (36.03) was obtained from Nazlıcan × R3 × Zn + Fe treatment and the highest LAI (7.57) was obtained from Bravo × V3 × Fe treatment. Generally, the higher results of SPAD value were observed in reproductive stages while the higher results of LAI were observed in vegetative stages. Leaf zinc and iron accumulations were higher in reproductive stages. As a result of this study, it was observed that micro nutrients needed by soybean plant can be supplied with foliar applications in calcareous soils.

Keywords: Chlorophyll contents, LAI, Iron, Zinc, *Glycine max* L., Foliar fertilizer

1. Giriş

Fabaceae familyasından bir bitki olan soya (*Glycine max* L.), Doğu Asya topraklarında uzun yıllar boyunca önemli bir besin kaynağı olarak kullanılmıştır. İçerdiği yağ (~%20), protein (~%40), mineral madde ve vitaminler nedeniyle insan ve hayvan beslenmesi için kayda değer bir yere sahiptir. Köklerinde yer alan *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi, havanın serbest azotunu fikse edebilme özelliğine sahiptir. Bu sayede soya hem kendi azot ihtiyacını sağlamakta hem de toprağın yapısını düzeltmektedir (Ramadan ve ark., 2020; Şahin ve İşler, 2021).

2019 yılında; Dünya’da 120 milyon ha alanda 334 milyon ton soya üretimi gerçekleşmiştir. Üretimin %86.1’i Amerika kıtasında gerçekleşmiş ve en önemli üretici ülkeler sırasıyla Brezilya (114.3 milyon ton), ABD (96.8 milyon ton) ve Arjantin (55.2 milyon ton) olmuştur. Türkiye’de ise 353 bin da alanda 150 bin ton soya üretimi gerçekleşmiştir. 203 bin da alanda yaklaşık 90 bin ton üretimiyle Adana ilk sırada yer alırken, onu 88 bin ha alanda 40 bin ton üretimi olan Mersin takip etmiştir (Unakıtan ve Aydın, 2012; Anonim, 2021a; Anonim, 2021b).

Demir ve çinko, bitki gelişimi için önemli olan mikro besin elementlerindedir. Yüksek pH ve kireç içeren ağır bünyeli topraklarda yeterli miktarda mikro besin elementi olsa da bitki tarafından alınımı sınırlı olmaktadır. Bu gibi durumlarda yapraktan yapılacak gübre uygulaması en iyi seçenek olarak öne çıkmaktadır (Kinaci ve Gulmezoglu, 2007; Şahin ve İşler, 2021). Mikro besin elementlerinin yaprak gübrelemesi şeklinde uygulanması, toprak gübrelemesine kıyasla daha etkili bir yöntemdir. Bitki bu uygulamaya daha hızlı tepki vermektedir (Zayed ve ark., 2011).

Çinko bitkilerde RNA, DNA ve protein sentezi ile klorofil üretimi ve nodül oluşumu gibi bazı fonksiyonlarda önemli bir rol oynamaktadır (Sawan ve ark., 2008; Marschner, 2012; Yadavi ve ark., 2014; Öztürk ve ark., 2020). Ayrıca, çinko ve demir, bitkinin fotosentez ve solunum gibi farklı metabolik süreçlerinde hayati bir öneme sahip olmasının yanında oksijen ve elektron transferlerinde yer alan birçok enzim için kofaktör görevi görmektedir (Zaheer ve ark., 2020). Klorofil üretiminde ve polenin fonksiyonunda çinkonun gerekli elementlerden biri olduğu, demirin ise enzimatik aktiviteyi (sitokrom, ferredoksin, peroksidaz gibi) artırdığı bildirilmiştir (Ghasemian ve ark., 2010).

Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunda (SAF) önemli bir görevi olan nitrogenaz enziminin yapısında demir elementi yer almaktadır. Bundan dolayı, topraktaki demir miktarı ve bitki tarafından alınımı SAF’ı direkt olarak etkilemektedir. Ayrıca, demir eksikliğine bağlı olarak biyolojik azot bağlanması ve bakterilerin etkinliği de olumsuz etkilenmektedir (Chhonkar ve Chandel, 1991; Terry ve Jolley, 1994). Demir eksikliğinin olduğu durumlarda şeker pancarında klorofil içeriğinin, beta-karoten miktarının ve fotosentetik pigment sayısının önemli derecede düştüğü bildirilmiştir (Sheykhbaglou ve ark., 2018). Bütün bunların sonucunda tohum verimi ve kalitesinde önemli derecede azalmalar olabilmektedir (Roomizadeh ve Karimian, 1996; Goos ve Johnson, 2000; Heitholt ve ark., 2003; Wiersma, 2005; Ma ve Ling, 2009).

Akdeniz Bölgesi’nde genellikle toprak organik madde içeriği düşük olmasına karşın, kireç ve pH yüksek olmaktadır. Bu tür topraklarda çinko ve özellikle de demir eksikliği en büyük problemlerden biri olarak görülmektedir (Caliskan ve ark., 2008). Yapılan bu çalışmada, topraktan demir ve çinko gübresinin bitki tarafından alınımı sınırlı olduğu için bu besin elementleri tek tek ve birlikte yapraktan gübreleme şeklinde verilmiştir. Soya bitkisinin farklı gelişim dönemlerinde yapılan bu uygulamanın yaprak alan indeksi, klorofil ve yaprakların besin elementi içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada bitki materyali olarak Arısoy, Bravo ve Nazlıcan soya çeşitleri kullanılmıştır (*Tablo 1*). Deneme, 2018 ve 2019 yıllarında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında (36°15'13.3"N, 36°30'08.7"E; 96 m) ikinci ürün koşullarında yürütülmüştür. Deneme alanı toprak pH’sı hafif alkali, kireç içeriği yüksek ve organik madde içeriği ise düşüktür (*Tablo 2*).

Tablo 1. Denemede kullanılan çeşitlerin bazı bitkisel ve morfolojik özellikleri*

Table 1. Some botanical and morphological characteristics of the cultivars used in the experiment

Özellikler	Arısoy	Bravo	Nazhcan
Büyüme Tipi	İndeterminate	İndeterminate	İndeterminate
Bitki Büyüme Şekli	Yarı Dik	Yarı Dik	Dik
Ana Sap Tüy Rengi	Sarımsı Kahve	Sarımsı Kahve	Sarımsı Kahve
Çiçek Rengi	Beyaz	Mor	Mor
Yaprak Rengi	Koyu Yeşil	Koyu Yeşil	Koyu Yeşil
Yan Yaprakçık Şekli	Üçgen	Uzun Oval	Uzun Oval
Bakla Rengi	Kahve	Kahve	Koyu Kahve
Tohum Şekli	Yuvarlak Yassı	Yuvarlak Yassı	Uzunca
Tohum Hilum Rengi	Siyah	Siyah	Gri

Tablo 2. Deneme toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Table 2. Some chemical and physical properties of the field soil

Analiz	2018		2019	
	Ekim Öncesi	Hasat Sonrası	Ekim Öncesi	Hasat Sonrası
pH	7.91	7.88	7.83	7.63
Kireç (%)	20.57	21.19	24.63	21.66
Fe (ppm)	3.54	2.78	9.10	8.75
Zn (ppm)	0.76	0.23	0.29	0.21
O.M (%)	1.50	1.84	1.12	1.58
Tekstür	Killi-tınlı	Killi-tınlı	Killi-tınlı	Killi-tınlı

Meteorolojik veriler incelendiğinde 2018 ve 2019 yıllarının uzun yıllar ortalaması ile benzer olduğu, yıllar arasında önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür (Şekil 1).

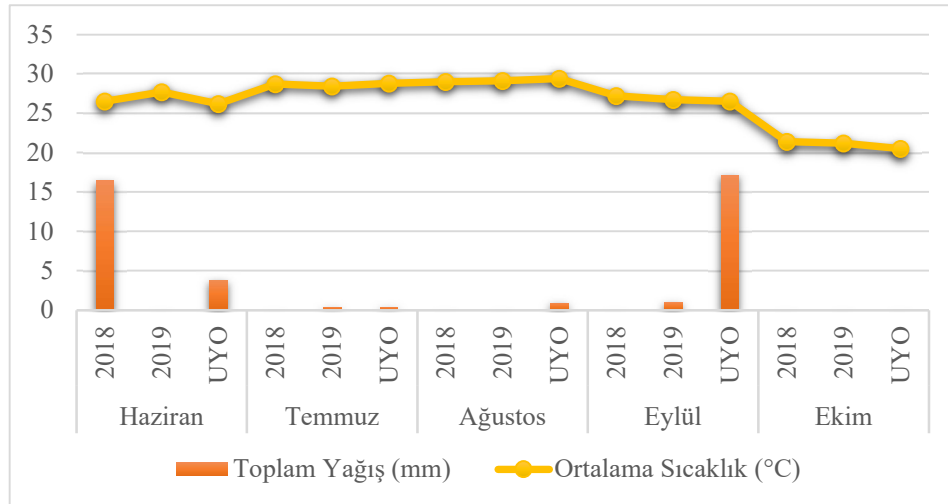


Figure 1. Meteorological data of the field area (2018, 2019 and long year average "UYO")

Şekil 1. Deneme alanının meteorolojik verileri (2018, 2019 ve uzun yıllar ortalaması "UYO")

2.2. Metod

Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak ve 2 yıl süreyle (2018, 2019) yürütülmüştür. Ana parsellere çeşitler (Arısoy, Bravo, Nazlıcan), alt parsellere soyanın gelişim dönemleri (V3 = üç gerçek yapraklı dönem, R1 = çiçeklenme başlangıcı, R3 = bakla başlangıcı) ve alt alt parsellere ise yaprak gübreleri (Kontrol, Zn, Fe, Zn + Fe) yerleştirilmiştir. Her parsel 5 m uzunluğundaki 4 sıradan oluşmuş ve 70×15 cm mesafe ile ekim elle gerçekleştirilmiştir. Denemenin ilk yılında 07.06.2018 tarihinde ve ikinci yılında ise 12.06.2019 tarihinde ekim yapılmıştır. Ekim öncesinde tohumlar *Bradyrhizobium japonicum* (100 kg tohum: 1 kg bakteri) ile aşılansmıştır. Çalışmada çinko elementi (116 ppm) çinko sülfat ve demir elementi (116 ppm) ise demir şelat-EDDHA formundan hazırlanmıştır.

Çinko, demir ve bunların karışımları sıvı formda ilk yılda; V3 döneminde (06.07.2018), R1 döneminde (Arısoy ve Bravo 13.07.2018; Nazlıcan 16.07.2018) ve R3 döneminde (08.08.2018) ve ikinci yılda; V3 döneminde (09.07.2019), R1 döneminde (Arısoy ve Bravo 17.07.2019; Nazlıcan 19.07.2019) ve R3 döneminde (09.08.2019) uygulanmıştır.

Denemenin bütün aşamalarında yabancı ot mücadelesi elle yapılmış, su ihtiyacı damla sulama sistemiyle giderilmiştir. Hasat işlemi denemenin ilk yılında 03.10.2018 (Arısoy ve Bravo) ve 10.10.2018 (Nazlıcan) tarihlerinde; ikinci yılında ise 02.10.2019 (Arısoy ve Bravo) ve 09.10.2019 (Nazlıcan) tarihlerinde kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra elle yapılmıştır.

Klorofil içeriği ölçümleri, Minolta SPAD-502Plus marka-model taşınabilir el tipi klorofil metre ile her gübre uygulamasından yedi gün sonra yapılmıştır. Yaprak alan ölçümleri, R4 döneminde alınan yapraklardan Li-Cor LI-3100C marka-model alan ölçüm cihazıyla yapılmıştır.

Zn ve Fe analizi için, soya bitkisinin R4 gelişim döneminde toplanan yapraklar üç defa distile su ile yıkanmış ve 55°C'da 72 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri öğütüldükten sonra etiketlenerek MP-AAS cihaz okuması için saklanmıştır. Cihaz okuması öncesinde ön hazırlık işlemi uygulanmıştır: Her örnekten 0.5 g tartılmış ve 8 mL nitrik asit eklenerek hot platede ısıtılmıştır. Isınan örneklere 2 mL hidrojen peroksit eklenmiştir. Örnekler açık sarıya dönmeye başladığında 5 mL ultra saf su eklenmiş ve bir süre bekletilmiştir. Son olarak örnekler filtre kağıdı yardımıyla balon jojelere süzülüş ve son hacim saf su ile 25 mL'ye tamamlanarak falkon tüplere aktarılmıştır.

Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre R v4 programı yardımıyla varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki karşılaştırmalarda Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Klorofil içeriği (SPAD), yaprak alan indeksi (LAI), yaprakta Zn ve Fe miktarları bakımından her yıl için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonucu *Tablo 3*'te verilmiştir.

Klorofil içeriği bakımından çeşitlerin ikinci yılı hariç bütün bağımsız değişkenlerin istatistiki olarak önemli bir etkiye ($p < 0.05$) sahip olduğu görülmüştür. İnteraksiyonlar incelendiğinde ise yalnızca Çeşit × Gübre interaksiyonunun denemenin ilk yılında önemli ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (*Tablo 3*). En yüksek SPAD değeri Nazlıcan × R3 × Zn + Fe uygulamasından (36.03) elde edilmiştir. İnteraksiyonlar içerisinde bu değeri, 35.02 ile Nazlıcan × R3, 34.17 ile R3 × Zn + Fe ve 32.62 ile Nazlıcan × Zn değerleri takip etmiştir. Bütün interaksiyonlarda Nazlıcan çeşidi ve R3 dönemi ön plana çıkmıştır (*Şekil 2*). İki yıllık ortalama SPAD değeri ise 30.48 bulunmuştur (*Tablo 4*). Bazı araştırmacılar tarafından özellikle R3 ve R5 dönemlerinde uygulanan demir gübresinin SPAD değerlerini artırdığı, çinko uygulamasının da demire benzer şekilde SPAD değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve bu değerleri artırdığı bildirilmiştir (Heitholt ve ark., 2003; Wasaya ve ark., 2017). Kobraee ve ark. (2011) ve Bin ve ark. (2016), yaprak klorofil içeriğinin Zn ve Fe besin elementlerinin alımına bağlı olarak pozitif yönde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Bu araştırmacıların aksine Sohrabi ve ark. (2012) ise yaptıkları çalışma sonucunda yaprakta Fe uygulamasının SPAD değerleri üzerine önemli bir etkisi olmadığını ($p > 0.05$) bildirmiştir. Mevcut çalışma, Sohrabi ve ark. (2012) dışındaki araştırmacılarla uyum içerisinde olmuştur.

Tablo 3. İncelenen özelliklere ait ANOVA tablosu

Table 3. ANOVA table of the investigated parameters

VK	SD	SPAD		LAI		Zn		Fe	
		KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉
Blok	2	16.31	33.71	4.00	9.98	449.10	184.73	574.72	230.30
Çeşit	2	102.69*	45.93öd	1.19*	14.68**	5061.573**	2801.38**	23558.26**	10212.06**
Hata I	4	12.36	8.43	0.13	0.05	58.86	14.50	124.94	11.72
Dönem	2	344.71**	195.67**	8.55**	8.24**	1119.63**	734.07**	8201.83**	11919.21**
Ç×D	4	1.74öd	4.89öd	6.69**	2.74**	1005.31**	232.19**	2904.64**	3322.72**
Hata II	12	5.25	7.94	0.26	0.03	26.06	5.80	55.21	12.69
Gübre	3	10.66*	15.78**	2.39**	10.60**	2255.56**	1627.87**	2429.22**	2221.52**
Ç×G	6	2.82öd	1.19öd	1.30**	4.71**	767.09**	180.76**	2442.71**	357.03**
D×G	6	8.85*	4.17öd	1.06**	1.93**	376.76**	290.10**	1096.72**	1168.51**
Ç×D×G	12	2.06öd	0.83öd	1.09**	1.95**	845.86**	163.10**	878.22**	267.15**
Hata III	54	2.88	2.52	0.30	5.58	10.38	16.90	25.64	19.76

VK: Varyasyon kaynakları; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, öd: Önemli değil.

Tablo 4. Bağımsız değişkenlere ait klorofil içeriği (SPAD) ve yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Table 4. Chlorophyll content (SPAD) and leaf area index (LAI) values of independent variables

Faktörler	SPAD			LAI		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Çeşitler						
Arisoy	27.74±0.51 C	30.20±0.47	28.97±0.37	5.65±0.16 A	5.94±0.18 C	5.79±0.12
Bravo	29.69±0.53 B	31.75±0.46	30.72±0.37	5.35±0.18 B	7.21±0.24 A	6.28±0.18
Nazlıcan	31.11±0.58 A	32.40±0.47	31.75±0.38	5.68±0.15 A	6.53±0.18 B	6.10±0.13
CV (%)	11.9	3.3		6.6	3.3	
Dönemler						
V3	27.53±0.44 y	29.16±0.33 z	28.34±0.29	6.11±0.14 x	6.65±0.20 y	6.37±0.12
R1	27.93±0.31 y	31.38±0.34 y	29.65±0.31	5.42±0.13 y	6.99±0.22 x	6.20±0.15
R3	33.08±0.45 x	33.82±0.43 x	33.44±0.31	5.16±0.18 z	6.04±0.21 z	5.60±0.14
CV (%)	7.8	2.7		9.2	2.7	
Gübreler						
Kontrol	29.42±0.58 b	30.34±0.55 b	29.87±0.40	5.51±0.22 b	6.06±0.19 b	5.79±0.14
Zn	30.33±0.58 a	32.07±0.58 a	31.19±0.42	5.81±0.18 a	7.14±0.20 a	6.47±0.16
Fe	29.51±0.76 ab	31.76±0.47 a	30.63±0.47	5.77±0.17 a	7.06±0.24 a	6.41±0.17
Zn + Fe	28.80±0.76 b	31.63±0.60 a	30.21±0.52	5.16±0.18 b	6.97±0.29 b	5.56±0.17
CV (%)	5.7	8.5		9.8	8.5	
Ortalama	29.51±0.33	31.45±0.28	30.48±0.23	5.56±0.09	6.56±0.12	6.06±0.08

CV: Değişim katsayısı; A, B, C çeşitler arasındaki, x, y, z dönemler arasındaki ve a, b, c, d gübreler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

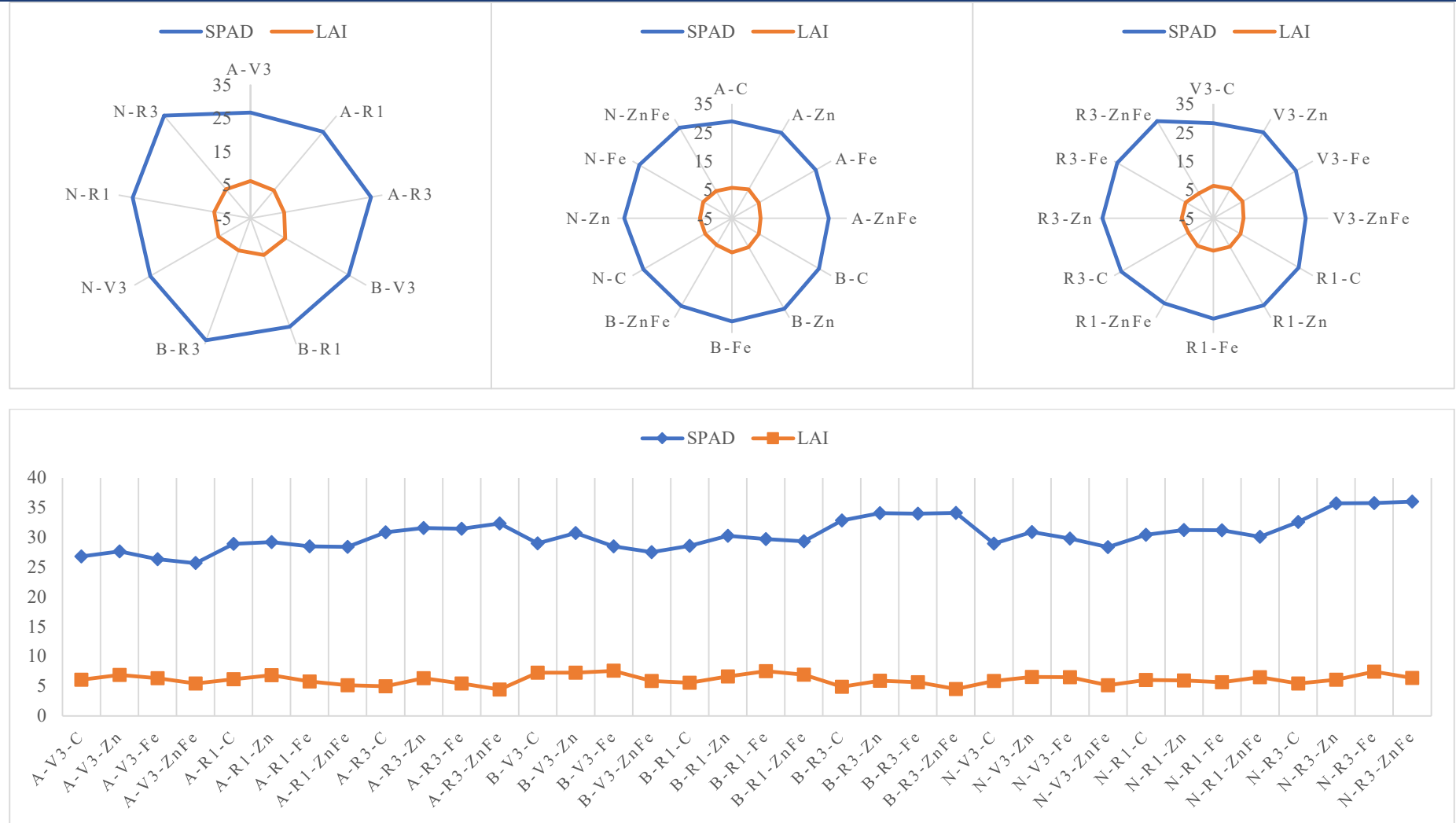


Figure 2. Chlorophyll content (SPAD) and leaf area index (LAI) values of interactions

Şekil 2. İnteraksiyonlara ait klorofil içeriği (SPAD) ve yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Çeşit, dönem ve gübre bağımsız değişkenlerinin ve bunların interaksiyonunun yaprak alan indeksi (LAI) değerleri üzerine önemli bir etkisi ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3 ve 4). En yüksek LAI değeri Bravo \times V3 \times Fe uygulamasından (7.57) elde edilmiştir. İnteraksiyonlar içerisinde bu değeri, 6.98 ile Bravo \times V3, 6.88 ile V3 \times Zn ve 6.91 ile Bravo \times Fe değerleri takip etmiştir. Bütün interaksiyonlarda Bravo çeşidi ve V3 dönemi ön plana çıkmıştır. Karışım şeklinde uygulanması yerine Zn ve Fe'in ayrı ayrı uygulanması daha etkili olmuştur (Şekil 2). İki yıllık ortalama LAI değeri ise 6.06 bulunmuştur (Tablo 4). Caliskan ve ark. (2008), Rotaru ve Sinclair (2009) ve Kahrariyan ve ark. (2013), Fe uygulamasının yaprakta yapılması durumunda LAI üzerine önemli ($p < 0.05$) ve pozitif bir etkisi olduğunu, soya gelişiminin bu uygulamadan etkilendiğini bildirmiştir. Özellikle R4 ve sonrası dönemlerde artan dozlarda Fe uygulamasının LAI'yi de artırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, Wasaya ve ark. (2017) ve Pejuhan ve Comakli (2018) Zn ve Fe uygulamalarının soyada LAI üzerinde dikkate değer bir etkisinin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada, Zn ve Fe gibi besin elementi uygulamalarının bu araştırmacılara paralel şekilde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir.

Yaprak Zn ve Fe içerikleri üzerine çeşit, dönem ve gübre bağımsız değişkenlerinin ve bunların interaksiyonunun önemli bir etkisi ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3 ve 5). İnteraksiyonlar içerisinde en yüksek Zn içeriği Arısoy \times R3 \times Zn + Fe uygulamasından (87.35 ppm) elde edilmiştir. Onu sırasıyla Bravo \times Zn (76.16 ppm), R3 \times Zn + Fe (70.44 ppm) ve Arısoy \times R3 (67.15 ppm) uygulamaları takip etmiştir. Demir uygulamasında ise en yüksek Fe içeriği Arısoy \times R3 \times Fe uygulamasından (192.95 ppm) elde edilmiş, onu Arısoy \times R3 (154.30 ppm), Arısoy \times Fe (136.33 ppm) ve R3 \times Fe (132.88 ppm) uygulamaları takip etmiştir. Her iki uygulama içerisinde de en yüksek Zn ve Fe birikimlerinin R3 döneminde olduğu, ikinci sırada ise R1 döneminin geldiği görülmüştür (Şekil 3). Vejetatif döneme kıyasla generatif dönemle birlikte yaprak gelişiminin artması, bu dönemde uygulanan besin elementinin daha fazla birikmesinin muhtemel nedeni olarak görülebilir.

Tablo 5. Bağımsız değişkenlere ait yaprak Zn ve Fe içerikleri

Table 5. Leaf Zn and Fe contents of independent variables

Faktörler	Zn (ppm)			Fe (ppm)		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Çeşitler						
Arısoy	72.98 \pm 4.02 A	42.22 \pm 1.36 B	57.60 \pm 2.78	119.67 \pm 6.44 A	116.45 \pm 5.67 A	118.06 \pm 4.26
Bravo	71.74 \pm 3.18 A	54.00 \pm 2.25 A	62.87 \pm 2.20	72.80 \pm 3.05 C	104.02 \pm 3.23 B	88.41 \pm 2.88
Nazlıcan	51.85 \pm 1.62 B	36.74 \pm 1.94 C	44.29 \pm 1.54	78.49 \pm 3.67 B	83.13 \pm 1.79 C	80.80 \pm 2.04
CV (%)	11.7	8.6		12.4	3.4	
Dönemler						
V3	62.34 \pm 2.55 y	40.00 \pm 2.03 z	51.17 \pm 2.09	78.46 \pm 3.12 z	92.28 \pm 1.70 y	85.37 \pm 1.94
R1	62.27 \pm 3.27 y	43.95 \pm 2.20 y	53.11 \pm 2.24	85.19 \pm 5.26 y	89.18 \pm 2.17 z	87.18 \pm 2.83
R3	71.96 \pm 4.24 x	49.01 \pm 2.22 x	60.48 \pm 2.73	107.32 \pm 7.15 x	122.13 \pm 5.96 x	114.72 \pm 4.70
CV (%)	7.8	5.4		8.2	3.5	
Gübreler						
Kontrol	58.47 \pm 2.16 c	36.89 \pm 1.41 d	47.68 \pm 1.95	80.74 \pm 3.78 d	89.87 \pm 3.44 c	85.30 \pm 2.61
Zn	71.08 \pm 4.46 b	54.08 \pm 2.60 a	62.57 \pm 2.81	86.98 \pm 5.32 c	97.88 \pm 3.76 b	92.43 \pm 3.31
Fe	57.09 \pm 3.05 c	39.43 \pm 2.14 c	48.26 \pm 2.21	103.25 \pm 8.92 a	108.93 \pm 6.74 a	106.09 \pm 5.55
Zn + Fe	75.47 \pm 4.77 a	46.88 \pm 2.61 b	61.17 \pm 3.33	90.32 \pm 7.06 b	108.11 \pm 5.53 a	99.21 \pm 4.60
CV (%)	4.9	9.3		5.6	4.4	
Ortalama	65.52 \pm 2.00	44.32 \pm 1.28	54.92 \pm 1.39	90.32 \pm 3.33	101.19 \pm 2.60	95.76 \pm 2.14

CV: Değişim katsayısı; A, B, C çeşitler arasındaki, x, y, z dönemler arasındaki ve a, b, c, d gübreler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

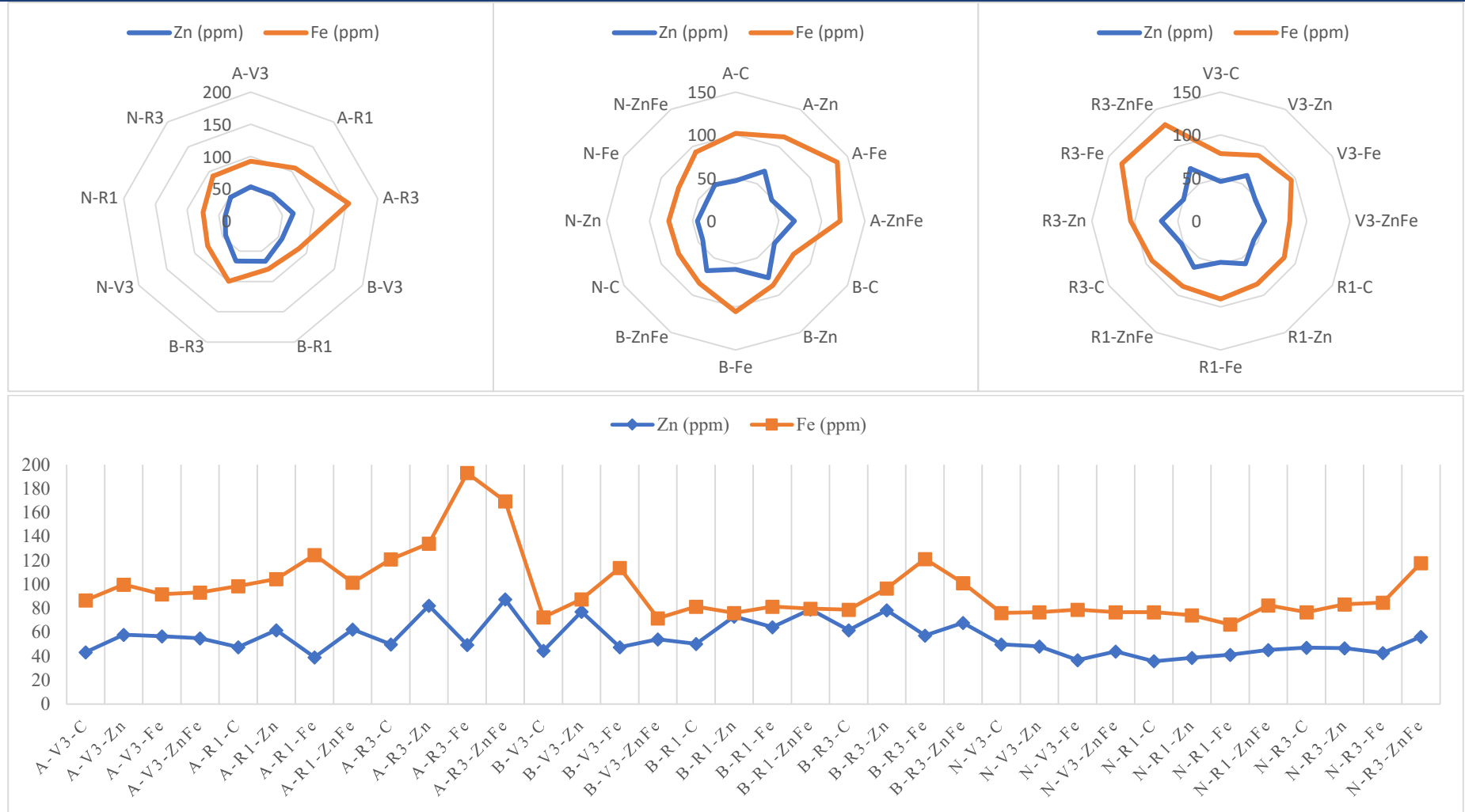


Figure 3. Leaf Zn and Fe contents of interactions

Şekil 3. İnteraksiyonlara ait yaprak Zn ve Fe içerikleri

4. Sonuç

Kireç içeriği ve pH'sı yüksek topraklarda bulunan besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı kısıtlı olmakta veya bitki hiç alamamaktadır. Bu gibi topraklarda, uzun vadede toprak ıslahı yapılabileceği gibi kısa vadede ise yaprak gübrelemesi yoluyla bu besin elementlerinin verilebilmesi mümkündür. Yaprak gübrelemesine bitkilerin tepkisi hızlı olmakla birlikte toprak ıslahına göre maliyeti de daha düşüktür.

İki yıllık yürütülen bu arazi çalışmasında soya bitkisinin farklı gelişim dönemlerinde uygulanan çinko, demir ve karışımlarının etkisi incelenmiş ve pozitif sonuçlar alınmıştır. SPAD içeriği bakımından en yüksek değer Nazlıcan \times R3 \times Zn + Fe uygulamasından (36.03) alınırken LAI açısından Bravo \times V3 \times Fe uygulaması (7.57) ön plana çıkmıştır. SPAD ölçümlerinde daha çok generatif dönemlerde yüksek sonuç alınırken, LAI ölçümlerinde vejetatif dönem daha iyi sonuç vermiştir. Yaprak besin elementi içerikleri yönünden incelendiğinde ise generatif dönemde (sırasıyla R3, R1) yapılan uygulamalar neticesinde Zn ve Fe birikimleri daha fazla olmuştur. Bunun muhtemel nedeninin vejetatif döneme kıyasla generatif dönemle birlikte yaprak ve bitki gelişiminin artması olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, kireçli topraklarda soya bitkisinin ihtiyacı olan besin elementlerinin yaprak gübrelemesi ile karşılanabileceği görülmüştür.

Teşekkür

Yazarlar olarak Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (HMKÜ BAP) finansal desteği (17.D.001) için; HMKÜ Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama Merkezi'ne, Dr. Merve Olukman Şahin'e ve Öğr.Gör. Serbay Bucak'a besin elementi analizlerindeki katkıları için teşekkür ediyoruz.

Kaynakça

- Anonim, (2021a). Food and Agriculture Data (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim tarihi: 22.06.2021)
- Anonim, (2021b). Bitkisel Üretim İstatistikleri (TÜİK). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> (Erişim tarihi: 21.06.2021)
- Bin, L.M., Weng, L., Bugster, M.H.J. (2016). Effectiveness of FeEDDHA, FeEDDHMA, and FeHBED in preventing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 8273-8281.
- Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E., Arslan, M. (2008). The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Research*, 108: 126-132.
- Chhonkar, A.K., Chandel, A.S. (1991). Effect of iron and molybdenum on nitrogenase activity and nitrogen fixation in soybean (*Glycine max* L.) grown in alluvial soils of North India. *Indian Journal of Agronomy*, 36 (SUPPL): 124-128.
- Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh Zadeh, A., Pirzad, A. (2010). The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology*, 2(11): 73-79.
- Goos, R.J., Johnson, B.E. (2000). A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*, 92 (6): 1135-1139.
- Heitholt, J.J., Sloan, J.J., MacKown, C.T., Cabrera, R.I. (2003). Soybean growth on calcareous soil as affected by three iron sources. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 935-948.
- Kahrariyan, B., Yeganehpour, F., Beyginiya, V., Samadiyan, F. (2013). Effect of FE foliar application on morphological and physiological traits of different dryland wheat cultivars. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(12):1583-1589.
- Kinaci, E., Gulmezoglu, N. (2007). Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia*, 32(9): 624-628.
- Kobraee, S., Shamsi, K., Ekhtiari, S. (2011). Soybean nodulation and chlorophyll concentration (SPAD value) affected by some of micronutrients. *Annals of Biological Research*, 2(2): 414-422.
- Ma, J.F., Ling, H-Q. (2009). Iron for plant and humans. *Plant and Soil*, 325: 1-3.
- Marschner, P. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, UK:
- Öztürk, B., Zengin, M., Gökmen Yılmaz, F. (2020). Potasyum ve çinkolu gübrelemenin enginarıda verim ve verim unsurlarına etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 180-190.
- Pejuhan, J., Çomaklı, B. (2018). Kireçli topraklarda uygulanan demir, çinko ve bazı biyolojik gübrelere yemlik soya (*Glycine max*.(L) Merrill)'da verim ve bazı özelliklere etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33(2):153-163.
- Ramadan, A.A.E., El-Bassiouny, H.M.S., Bakry, B.A., Abdallah, M.M.S., El-Enany, M.A.M. (2020). Growth, yield and biochemical changes of soybean plant in response to iron and magnesium oxide nanoparticles. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23: 406-417.
- Roomizadeh, S., Karimian, N. (1996). Manganese-Iron Relationship in Soybean Grown in Calcareous Soils. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (2): 397-406.
- Rotaru, V., Sinclair, T.R. (2009). Influence of Plant Phosphorus and Iron Concentrations on Growth of Soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 32:1513-1526.
- Sawan, Z.M., Mahmoud, M.H., El-Guibali, A.H. (2008). Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology*, 1 (4): 259-270.
- Sheykhabglou, R., Sedghi, M., Fathi-Achachlouie, B. (2018). The effect of ferrous nano-oxide particles on physiological traits and nutritional compounds of soybean (*Glycine max* L.) seed. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 90(1): 485-494.
- Sohrabi, Y., Habibi, A., Mohammadi, K., Sohrabi, M., Heidari, G., Khalesro, S., Khalvandi, M. (2012). Effect of nitrogen (N) fertilizer and foliar-applied iron (Fe) fertilizer at various reproductive stages on yield, yield component and chemical composition of soybean (*Glycine max* L. Merr.) seed. *African Journal of Biotechnology*, 11(40): 9599-9605.
- Şahin, C.B., İşler, N. (2021). Foliar applied zinc and iron effects on yield and yield components of soybean: Determination by PCA analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(3): 212-221.
- Terry, R.E., Jolley, V.D. (1994). Nitrogenase activity is required for activation of iron stress response in iron inefficient T203 soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 17: 1417-1428.
- Unakitan, G., Aydın, B. (2012). Türkiye’de soya üretiminin ekonometrik analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 6-14.
- Wasaya, A., Shabir, M.S., Hussain, M., Ansar, M., Aziz, A., Hassan, W., Ahmad, I. (2017). Foliar application of Zinc and Boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1): 33-45

-
- Wiersma, J.V. (2005). High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. *Agronomy Journal*, 97: 924-934.
- Yadavi, A., Aboueshaghi, R.S., Dehnavi, M.M., Balouchi, H. (2014). Effect of micronutrients foliar application on grain qualitative characteristics and some physiological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4: 124-131.
- Zaheer, I.E., Ali, S., Saleem, M.H., Ali, M., Riaz, M., Javed, S., Sehar, A., Abbas, Z., Rizwan, M., El-Sheikh, M.A., Alyemeni, M.N. (2020). Interactive role of zinc and iron lysine on *Spinacia oleracea* L. growth, photosynthesis and antioxidant capacity irrigated with tannery wastewater. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26: 2435-2452.
- Zayed, B.A., Salem, A.K.M., El Sharkawy, H.M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 179-184.

Tozlayıcı Olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki Üzüm Çeşitlerinin Kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*


The Determination of Yield and Quality Characteristics of Bozcaada Cavusu (*Vitis vinifera* L.) Grape Variety Using Kuntra (Karasakız) and Vasilâki Grape Varieties as Pollinators


Esra ŞAHİN¹, Alper DARDENİZ^{2*}

Öz

Yürütülen bu araştırmada, tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda; ortalama verim (g omca⁻¹), salkım eni (cm), salkım boyu (cm), salkım sıklığı (1–9), salkım ağırlığı (g salkım⁻¹), salkım boyu/salkım eni, salkım sayısı (adet omca⁻¹), tane eni (mm), tane boyu (mm), tane ağırlığı (g tane⁻¹), tane boyu/tane eni, tane sayısı (adet salkım⁻¹), ortalama çekirdek sayısı (adet tane⁻¹), kabuk kalınlığı (mm), kabuk rengi (L, Chroma ve °Hue), suda çözünen kuru madde (%SÇKM), pH, %asitlik ve olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik⁻¹) incelenmiştir. Araştırma, 10 tekerrür ve her tekerrürde birer omca olacak şekilde planlanmıştır. Tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin ortalama verim (2756.1 g omca⁻¹), salkım eni (10.22 cm), salkım boyu (13.85 cm), salkım ağırlığı (280.16 g salkım⁻¹), tane eni (20.73 mm), tane boyu (23.12 mm), tane ağırlığı (6.63 g tane⁻¹) ve tane sayısı (40.36 adet salkım⁻¹) özellikleri, tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdakine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Diğer yandan tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin salkım boyu/salkım eni (1.498), tane boyu/tane eni (1.140), kabuk kalınlığı (0.086 mm), %SÇKM (%18.17), pH (3.51) ve olgunluk indisi (31.42) özellikleri, tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdakine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidi kullanılarak kurulmuş bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane sayısı ve ortalama veriminin daha yüksek olması, tane gelişimi ve olgunluğu nispeten geciktirmiştir. Böylece Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin daha geç tarihte hasat edilmesiyle birlikte, Bozcaada'daki sınırlı hasat periyodunun da uzatılmasına katkı sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bozcaada Çavuşu, Kuntra (Karasakız), Vasilâki, Kalite, Verim.

¹Esra Şahin, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 17020 Çanakkale, TURKEY. E-mail: esrasahin@comu.edu.tr  OrcID:0000-0003-3850-3407

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Alper Dardeniz, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 17020 Çanakkale, TURKEY. E-mail: adardeniz@comu.edu.tr  OrcID:0000-0003-3480-662X

Atıf/Citation: Şahin E., Dardeniz A. Tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 724-736.

*Bu çalışma Esra Şahin'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 2022

Abstract

In this research, it was aimed to determine the yield and quality characteristics of Bozcaada Cavusu (*Vitis vinifera* L.) grape variety using Kuntra (Karasakız) and Vasilaki grape varieties as pollinators. In this context; average yield (g vinestock⁻¹), cluster width (cm), cluster length (cm), cluster compactness (1–9), cluster weight (g cluster⁻¹), cluster length/width, cluster number (number vinestock⁻¹), berry width (mm), berry length (mm), berry weight (g berry⁻¹), berry length/berry width, number of berry (number cluster⁻¹), average number of seeds (number berry⁻¹), the thickness of grape skin (mm), color of grape skin (L, Chroma and °Hue), total soluble solids (%), pH, acidity (%) and maturity index (TSS% acidity%⁻¹) parameters were investigated. The research was planned as 10 replications with one vinestock in each replication. In the vineyard established with Kuntra variety as pollinator, average yield (2756.1 g vinestock⁻¹), cluster width (10.22 cm), cluster length (13.85 cm), cluster weight (280.16 g cluster⁻¹), berry width (20.73 mm), berry length (23.12 mm), berry weight (6.63 g/berry) and the number of berry (40.36 number cluster⁻¹) of Bozcaada Cavusu grape variety were found to be higher than those from the vineyard established with Vasilaki variety as pollinator. Alternatively in the vineyard established with Vasilaki variety as pollinator, cluster length/cluster width (1.498), berry length/berry width (1.140), the thickness of berry skin (0.086 mm), TSS% (18.17%), pH (3.51) and maturity index (31.42) of Bozcaada Cavusu grape variety were higher than those from the vineyard established with Kuntra variety as pollinator. The higher berry number and average yield of Bozcaada Cavusu grape variety in the vineyard established with Kuntra variety as pollinator relatively delayed the development of berry and maturity. Thus, it was concluded that with the later harvest of the Bozcaada Cavusu grape variety, it could contribute to the extension of the limited harvest period in Bozcaada.

Keywords: Bozcaada Cavusu, Kuntra (Karasakız), Vasilâki, Quality, Yield.

1. Giriş

Dünyada ve Türkiye’de ekonomik anlamda büyük öneme sahip olan tarım dallarından biri de bağcılıktır. Geçmişten günümüze kadar insan beslenmesinde de büyük yeri olan asmanın (*Vitis vinifera* L.) anavatanı Anadolu–Kafkasya olup, dünyada yetiştirilen çoğu üzüm çeşidinin kökeni bu bölgelerdir (Çelik ve ark., 1998; Açıkbaş ve Bellitürk, 2016; Bahar ve ark., 2019). Standart sofralık üzüm çeşidi olan Çavuş üzümü, başta Bozcaada/Çanakkale, Marmara ve Ege Bölgeleri, İç Batı Karadeniz ve İç Anadolu Bölgesi’ndeki belirli bazı bağ yörelerimiz olmak üzere ülkemizin hemen her yerinde yetiştirilmektedir (Tangolar ve ark., 1996; Anonim, 1997; Uslu ve Samancı, 1997a; Kiracı ve ark., 2002; Dardeniz, 2002; Dardeniz ve ark., 2011). Çanakkale ilinin Bozcaada ilçesinde yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan Çavuş üzümü ada iklimi ve toprak koşullarının etkisi altında diğer Çavuş üzüm çeşitleriyle kıyaslandığında daha kaliteli ve üstün özelliklere sahip olmasından dolayı Bozcaada Çavuşu olarak adlandırılmaktadır (Uslu ve Samancı, 1997a; Uslu ve Samancı, 1997b; Dardeniz ve ark., 2011).

Arıfpaşa, Beyaz erolan, Bulut üzümü, Hocahasan, Hönsü, Fesleğen, Karagevrek (Büzgülü), Kocaboğan ve Tahannebi üzüm çeşitleri gibi morfolojik erdişi fizyolojik dişi çiçek yapısına sahip Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi de kendi çiçek tozları ile döllenme yeteneğine sahip olmaması sebebiyle, bağ tesisinde mutlaka tozlayıcı (babalık) çeşitlere ihtiyaç duyulmaktadır (Oraman, 1965; Oraman, 1972; Ağaoğlu, 1999; Dardeniz ve ark., 2011). Bozcaada koşullarındaki Bozcaada Çavuşu bağlarında tozlayıcı çeşit olarak yoğun şekilde Kuntra (Karasakız, Mavrupalya, Makbule) ve Vasilâki (Anadolu Yapıncağı, Altıntaş) üzüm çeşitleri, çok az miktarda da Cardinal üzüm çeşidi tercih edilmektedir (Anonim, 1997; Dardeniz, 2002; Çelik, 2006; Dardeniz ve ark., 2011). Söz konusu tozlayıcı çeşitler Bozcaada Çavuşu üzüm bağlarında tek başına kullanılmakla birlikte, farklı tozlayıcı çeşitlerle de tesis edilmiş bağlar mevcuttur.

Asmalarda tozlayıcı çeşitlerin polenlerinin ana bitkinin tane ve tohum özelliklerine etki ettiği bilinmektedir. Polen kaynaklarının endosperm ve embriyo (xenia) ile çevre dokuları (metaxenia) üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar farklı araştırmacılar tarafından farklı tür ve çeşitlerde yıllardır yapılmaktadır (Al–Delaimy ve Ali, 1970; Nyéki, 1980; Samaan ve ark., 1981; Denny, 1992; Kumar ve Das, 1996; Fotiric ve ark., 2003; Ansari ve ark., 2010; Sabır, 2011; Silveira ve ark., 2011; Sabır, 2015; Sabir ve ark., 2020).

Bu araştırma, Çanakkale ili Bozcaada ilçesi Papazbahçe mevkiinde karşılıklı konumda bulunan ve tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bağ lokasyonu ve üzüm çeşitleri

Araştırma, 2018–2019 yıllarında, Çanakkale ili Bozcaada ilçesinin Papazbahçe mevkiinde, 39°49’14’’–39°49’15’’ N enlem ile 26°01’41’’–26°01’43’’ boylam koordinatlarında karşılıklı bir konumda bulunan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin yetiştirildiği iki farklı bağda yürütülmüştür (Şekil 1). Araştırmanın gerçekleştirildiği bağ alanları denemenin kurulduğu yılda 50 yaşında ve toprak özellikleri birbirine benzer durumdadır.

Bağlarda bitki sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri 140 cm x 140 cm olup, orta yüksek goble terbiye şekli kullanılmaktadır. İki bağda da Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi 5BB Amerikan asma anacı üzerinde aşılı olarak yetiştirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü birinci bağda tozlayıcı çeşit olarak 2/4 oranında Kuntra (Karasakız), ikinci bağda ise yine aynı oranda Vasilâki üzüm çeşidi bulunmaktadır.

Orta erkenci sofralık bir üzüm çeşidi olan Bozcaada Çavuşu’nun taneleri kehribar sarısı, oval şekilli, iri taneli (6 g) olup, 1–3 adet çekirdek ihtiva etmektedir. Taneler çeşide özgü aromalı, çok sulu ve ince kabukludur. Salkımları çok iri (450–500 g), kanatlı konik ve salkım sıklığı bakımından seyrek yapıdadır. Morfolojik erdişi fizyolojik dişi çiçek yapısına sahip olması nedeniyle bağ tesisinde mutlaka tozlayıcı (babalık, dölleyici) üzüm çeşidine yer verilmelidir. Bozcaada’da tozlayıcı çeşit olarak 2/4 veya 2/6 oranlarında Kuntra (Karasakız) ile Vasilâki tozlayıcı çeşitleri kullanılmaktadır. Kuntra, kısa budanan, orta mevsimde olgunlaşan siyah şaraplık–şıralık bir çeşit olup, taneleri kırmızımsı mor renkli, yuvarlak şekilli, iri taneli (3 g), 1–3 adet çekirdekli olup, salkımları kanatlı konik, iri (330 g) ve sık yapı oluşturmaktadır. Kısa budanan, orta mevsimde olgunlaşan beyaz şaraplık–şıralık bir çeşit olan

Vasilâki, kahverengi benekli (kınalı) sarı renkli, yuvarlak şekilli, orta iri (2.5 g) ve 1–3 adet çekirdekli taneler meydana getirmektedir. Salkımlar silindirik, küçük orta irilikte (200 g) ve salkım sıklığı bakımından sık yapıdadır (Çelik, 2006).



Figure 1. Satellite image of the vineyards located in Papazbahçe local district of Bozcaada, Canakkale (Google Earth, 2020)

Şekil 1. Çanakkale ili Bozcaada ilçesi Papazbahçe mevkiinde bulunan bağlara ait uydu görüntüsü (Google Earth, 2020)

Aynı üreticiye ait iki bağda da önceki yılın sonbahar döneminde sıra üzerlerine, dekarda 2–3 ton olacak şekilde, ihtimar ettirilmiş küçükbaş hayvan gübresi uygulanmıştır. Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi ve tozlayıcı çeşitlerinde, kasım–aralık aylarında yapılan aralama budama (çırpma) ile yıllık dallar ilk etapta 5–6 göze kadar indirilmiş, mart ayı içerisinde yapılan esas kış budamasında ise yıllık dallar 2–3 göz üzerinden kısa olarak budanmıştır. Kış budaması sonrasında dip açma uygulaması yapılmış, ilkbahar döneminde ise sıra araları iki defa toprak frezesiyle çapalanmıştır. Yaz budamalarına mayıs ayı ortalarından itibaren dip sürgünü ve uç alma uygulamalarıyla başlanılmış, haziran ayı içerisinde ise obur sürgünü ve koltuk alma uygulamaları da gerçekleştirilmiştir. Yapılan bütün kültürel işlemler aynı üretici tarafından aynı zaman ve iş gücüyle gerçekleştirilmiştir.

2.2. Yöntem ve incelenen parametreler

Tozlayıcı olarak Kuntra (Karacakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı iki bağ alanında da, 10’ar adet Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi omcaları belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında, üzümlerin önolojik olgunluk seviyesine geldiği 7 Ağustos tarihinde gerçekleştirilen hasat ile birlikte verim ve kalite değerleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda, ortalama verim ($g\ omca^{-1}$), salkım eni (cm), salkım boyu (cm), salkım sıklığı (1–9), salkım ağırlığı ($g\ salkım^{-1}$), salkım boyu/salkım eni, salkım sayısı ($adet\ omca^{-1}$), tane eni (mm), tane boyu (mm), tane ağırlığı ($g\ tane^{-1}$), tane boyu/tane eni, tane sayısı ($adet\ salkım^{-1}$), ortalama çekirdek sayısı ($adet\ tane^{-1}$), kabuk kalınlığı (mm), kabuk rengi (L, Chroma ve °Hue), %SÇKM, pH, %asitlik ve olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik⁻¹) parametreleri incelenmiştir. Salkıma ait özellikler, araştırmanın yapıldığı Bozcaada’daki bağlarda belirlenmiş olup, her bir salkımdan salkımı temsil edecek taneler alınarak ‘ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Pomoloji Laboratuvarı’na getirilip taneye ait özellikler incelenmiştir.

2.2. İstatistik analizler

Yapılan bu araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü ve her tekerrürde bir omca yer alacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen bulgular ‘SAS 9.1.3. Portable’ istatistik paket programı kapsamında varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar LSD çoklu karşılaştırma testiyle $p<0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Tozlayıcı Olarak Kuntra (Karacakız) ve Vasilâki Üzüm Çeşitlerinin Kullanıldığı Bozcaada Çavuşu Üzüm Çeşidi Bağlarında Ortalama Verim ile Salkım Özelliklerine Ait Bulgular

Tozlayıcı olarak Kuntra (Karacakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında ortalama verim ile salkım özelliklerine ait bulgular, Tablo 1 ve Tablo 2’de sunulmuştur. Verilen

bulgular hem yıllar bazında hem de iki yılın ortalamasına göre incelendiğinde; Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde ortalama verim, salkım eni, salkım boyu, salkım sıklığı ve salkım ağırlığı değerlerinin tozlayıcı olarak Kuntra kullanılan bağda daha yüksek olduğu görülmektedir.

İki yılın ortalama verilerine göre Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin ortalama verimi tozlayıcı çeşit olarak Kuntra'nın (2756.1 g omca⁻¹) kullanıldığı bağda Vasilâki'nin (1753.5 g omca⁻¹) kullanıldığı bağdan daha yüksek olmuştur.

Salkım eni ve salkım boyu bakımından da sonuç benzer olmuş ve tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen salkımların eni ve boyu (sırasıyla 10.22 cm ve 13.85 cm) tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen verilere (sırasıyla 8.11 cm ve 12.03 cm) kıyasla daha fazla olmuştur (*Tablo 1*).

Özen ve ark. (1996)'nın 1991 ve 1995 yılları arasında yürütmüş oldukları bir araştırmada, Kuntra üzüm çeşidiyle tozlanan ve 5BB Amerikan asma anacı üzerine aşılı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinden 5080.0 g omca⁻¹ verim ve 315.6 g salkım ağırlığı değerleri elde edilmiştir. Özen ve ark. (1996)'nın bildirdiğine benzer şekilde, bu araştırmadan elde edilen verim (2756.1 g omca⁻¹) ve salkım ağırlığı (280.2 g salkım⁻¹) değerleri, tozlayıcı olarak Kuntra'nın kullanıldığı bağda daha yüksek olmuştur. Araştırmadan alınan ortalama verim ve salkım ağırlığı değerlerinin Özen ve ark. (1996)'nın bildirdiği değerlerin altında seyretmesinin, araştırmanın kurulduğu yılda deneme bağlarının 50 yaşında olmaları ve ekonomik ömürlerini tamamlamalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Benzer eğilim salkım ağırlığında da görülmüş ve iki yılın ortalamasına göre Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin salkım ağırlığının, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda (280.2 g salkım⁻¹) Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilene (154.4 g salkım⁻¹) kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin ortalama veriminin tozlayıcı olarak Kuntra (280.2 g salkım⁻¹) tozlayıcı çeşidinin kullanıldığı bağda Vasilâki (154.4 g salkım⁻¹) tozlayıcı çeşidinin kullanıldığı bağdan yüksek olması salkım ağırlığının ortalama verimi büyük ölçüde etkileyerek artırdığını göstermektedir. Tozlayıcı olarak Vasilâki (1.498) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu bağında salkım boyu/salkım eni oranının, Kuntra (1.362) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu bağından elde edilen orana kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (*Tablo 2*).

3.2. Tozlayıcı Olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki Üzüm Çeşitlerinin Kullanıldığı Bozcaada Çavuşu Üzüm Çeşidi Bağlarında Tane ve Tane Olgunluğuna Ait Bulgular

Tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında tane ve tane olgunluğuna ait bulgular *Tablo 3*, *Tablo 4*, *Tablo 5* ve *Tablo 6*'da sunulmuştur.

İki yıllık veriler incelendiğinde; Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde tane eni, tane boyu ve tane ağırlığı kriterleri bakımından ortalamalar arasındaki farkların önemli olduğu bulunmuş ve Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda bu değerlerin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Tane eni, tane boyu ve tane ağırlığı değerleri Kuntra çeşidinin kullanıldığı bağda sırasıyla 20.73 mm, 23.12 mm ve 6.63 g, Vasilaki çeşidinin kullanıldığı bağda ise yine sırasıyla 19.48 mm, 22.19 mm ve 5.78 g olarak kaydedilmiştir.

Tozlayıcı olarak Vasilâki (1.140) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinden elde edilen tane boyu/tane eni oranının, tozlayıcı olarak Kuntra (1.115) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdaki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (*Tablo 3*).

Tablo 1. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında ortalama verim ile salkıma ait bazı fiziksel özellikler
 Table 1. Average yield and some physical characteristics of cluster in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	Ortalama verim (g omca ⁻¹)			Salkım eni (cm)			Salkım boyu (cm)			Salkım sıklığı (1-9)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	3243.5	2269.3 a	2756.1 a	9.96 a	10.47 a	10.22 a	14.30 a	13.40 a	13.85 a	5.91	5.95 a	5.93
Vasilâki	2210.9	1296.1 b	1753.5 b	8.04 b	8.17 b	8.11 b	12.60 b	11.46 b	12.03 b	6.14	5.20 b	5.67
LSD (0.05)*	ÖD	721.83	867.71	0.9324	1.1700	0.7647	1.4284	1.0831	0.9519	ÖD	0.4488	ÖD

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Tablo 2. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında salkıma ait bazı fiziksel özellikler
 Table 2. Some physical characteristics of cluster in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	Salkım ağırlığı (g salkım ⁻¹)			Salkım boyu/salkım eni			Salkım sayısı (adet omca ⁻¹)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	274.5 a	285.8 a	280.2 a	1.443	1.280 b	1.362 b	11.40	6.90	9.15
Vasilâki	174.0 b	134.9 b	154.4 b	1.571	1.424 a	1.498 a	12.00	9.40	10.70
LSD (0.05)*	67.880	61.357	51.474	ÖD	0.1044	0.0823	ÖD	ÖD	ÖD

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Özen ve ark. (1996)'nın 1991 ve 1995 yılları arasında yaptığı çalışmada, Kuntra'yla tozlanan ve 5BB Amerikan asma anacı üzerine aşılı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine ait tane ağırlığı 5.91 g olarak tespit edilmiştir. Yürütülen bu araştırmanın bulgularında, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen tane ağırlığı değerinin Özen ve ark. (1996)'nın elde ettiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü iki yılda da tozlayıcı olarak her iki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağlardaki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde tane sayısı azalmış, en fazla azalış ise tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde görülmüştür. Tane sayısındaki bu azalış ortalama verimi de etkilemiş olup, ilk yıla nazaran ikinci yılda bir düşüş söz konusu olmuştur. Tozlayıcı olarak Vasilâki (25.87 adet salkım⁻¹) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi salkımlarına kıyasla, tozlayıcı olarak Kuntra (40.36 adet salkım⁻¹) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi salkımlarında tane sayısının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan tane kabuk kalınlığı tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda (0.086 mm) Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan (0.075 mm) daha yüksek olmuştur (Tablo 4).

Kuntra tozlayıcı üzüm çeşidi Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinden daha geç bir tarihte çiçeklenmekte, bu nedenle kış budamasının bir ay kadar öncesinde yapılması geleneği Bozcaada'da halen sürdürülmektedir (Dardeniz ve ark., 2011). Ancak çalışmada, deneme amaçlı kıyaslama yapılabilmesi için Kuntra tozlayıcı üzüm çeşidinin kış budaması Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidiyle aynı tarihte (mart ayı) yapılmıştır. Bu nedenle, çiçeklenme zamanlarının çakışmamasından dolayı literatüre göre tane oranının daha düşük olması beklenebilir. Fakat tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane oranının, tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmanın yapıldığı yıllarda tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin somak ve salkım boyutlarının daha iri olmasının, tutan tane sayısının da daha yüksek olmasına yol açmış olabileceği düşünülmektedir.

Farklı yöntemlerle tozlanma uygulamalarının gerçekleştirildiği önceki çalışmalarda; farklı üzüm çeşitlerinin polenleriyle tozlanan çeşidin tane eni, tane boyu, tane ağırlığı, tohum eni, tohum boyu, tohum ağırlığı ve tane başına tohum sayısı ile birlikte, tane sayılarının önemli derecede değişebildiği bildirilmektedir (Sabır, 2011; Sabır, 2015; Şahin ve Sabır, 2016; Sabır ve ark., 2020). Marasalı ve Ergül (1997), üzüm çeşitlerinde (Hasadede, Hamburg misketi, Kalecik karası ve Narince) uygun tozlayıcı çeşitlerle kontrollü yabancı tozlama sonucundaki tane tutumu ve çekirdek oluşturma oranının, açıkta tozlanma ve kendileme uygulamalarına kıyasla daha yüksek olduğunu ve yüksek tane tutumuna ulaşmada polen kaynağının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Farklı tozlayıcı üzüm çeşitleriyle tozlanma sonucunda tozlama yapılan çeşitlerin tane (Sabır ve ark., 2020) ve çekirdek (Sabır, 2015) özelliklerinin farklı polen kaynaklarıyla değişim göstermesi, xenia ve metaxenianın mevcudiyetini ortaya koymaktadır. Yürütülen bu çalışmada, Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane eni, tane boyu ve tane ağırlığı değerleri tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdakine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Tane başına ortalama çekirdek sayısında ise önemli bir farklılık tespit edilememiş ancak, tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen değerler biraz daha yüksek olmuştur.

Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin çiçek yapısı ve dölleme biyolojisinden dolayı, kendi polenleriyle tozlanması sonucunda dölleme meydana gelmediğinden küçük ve çekirdeksiz, partenokarpik taneler oluşturmaktadır. Fakat tozlayıcı (babalık) çeşitlere bağlı olarak çekirdekli ve daha iri taneler meydana gelmektedir. Farklı tozlayıcı çeşitlerin Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane ve çekirdek özellikleri üzerine olası etkisinin xenia ve metaxeniadan kaynaklanıp kaynaklanmadığının konu üzerinde yapılacak olan benzer detaylı çalışmalarla ortaya konulabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında taneye ait bazı fiziksel özellikler
Table 3. Some physical characteristics of berry in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	Tane eni (mm)			Tane boyu (mm)			Tane ağırlığı (g tane ⁻¹)			Tane boyu/tane eni		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	20.28	21.17 a	20.73 a	22.30	23.94 a	23.12 a	6.44	6.82 a	6.63 a	1.100 b	1.131	1.115 b
Vasilâki	19.10	19.85 b	19.48 b	21.81	22.57 b	22.19 b	5.59	5.96 b	5.78 b	1.143 a	1.137	1.140 a
LSD (0.05)*	ÖD	0.4076	0.7237	ÖD	0.5998	0.8742	ÖD	0.3925	0.5487	0.0234	ÖD	0.0185

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Tablo 4. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında tane sayısı ile taneye ait bazı fiziksel özellikler
Table 4. Number of berry and some berry physical characteristics in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	Tane sayısı (adet salkım ⁻¹)			Ortalama çekirdek sayısı (adet tane ⁻¹)			Kabuk kalınlığı (mm)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	40.73 a	39.99 a	40.36 a	1.315	1.420	1.367	0.070	0.080	0.075 b
Vasilâki	30.11 b	21.62 b	25.87 b	1.431	1.491	1.461	0.084	0.088	0.086 a
LSD (0.05)*	10.041	9.6439	7.8143	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	0.0093

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Farklı üzüm çeşitleriyle tozlanan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde taneler olgunlaştıkça tane kabuk kalınlığında azalmalar görüldüğü belirtilmektedir (Dardeniz ve ark., 2011; Eren, 2015). Eren (2015)'in Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde farklı mevkilerin etkisini araştırdığı çalışmasında, Sulubahçe mevkiinden elde edilen tanelerin olgunluğu yüksek olduğundan, diğer mevkiilere kıyasla daha ince kabuklu taneler elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda olgunluk indisi değeri yüksek olan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin daha ince tane kabuk kalınlığına sahip olması beklenmektedir. Ancak bu araştırmada tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdaki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde hem olgunluk indisi daha yüksek olmuş hem de daha kalın kabuklu taneler meydana gelmiştir. Bu durumun tozlayıcı etkisinden kaynaklanma olasılığı üzerinde farklı çalışmaların planlanması uygun olacaktır.

Tüketiciler tarafından kabuk kalınlığının ince olması istenilen bir özellik olmasına rağmen, ince kabuklu üzümler dışarıdan gelen fiziksel etkilere karşı daha hassastırlar. Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi gibi ince bir kabuğa sahip üzüm çeşitlerinde hasat, kasalama, nakliye ve muhafaza gibi farklı aşamalarda daha dikkatli olunmalıdır. Dardeniz (2002), Bozcaada'da deniz üzerinden gelen nemli rüzgârlar ile nispi nemin artış göstermesi sonucunda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin daha ince bir kabuk yapısına sahip olduğunu ve kalitesinin de önemli ölçüde artış gösterdiğini belirtmiştir.

Bozcaada Çavuşu çeşidinin tanelerinde tane kabuk rengi parametrelerine bakıldığında, tozlayıcı olarak Vasilâki (26.83) çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen tanelerin Kuntra (25.28) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen tanelerden daha parlak olduğu ve tozlayıcı olarak Kuntra (°H; 118.4) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda yeşil rengin, tozlayıcı olarak Vasilâki (°H; 115.4) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda ise sarımsı-yeşil (kehribar sarısı) rengin hâkim olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

Eren (2015) verimin düşük olduğu Sulubahçe mevkiinde bulunan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinin daha sarı, verimin yüksek olduğu Ova ve Çayır mevkiilerindeki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinin ise daha yeşil renkli olduğu sonucuna varmıştır. Ortalama verimi yüksek olan ve tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinde yeşil rengin, ortalama verimi düşük olan ve tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinde ise sarımsı-yeşil (kehribar sarısı) rengin hâkim olduğu yönündeki bulgularımız, Eren (2015)'in çalışma sonuçlarıyla benzerlikler taşımaktadır.

Bozcaada Çavuşu çeşidinin %SÇKM ve pH içeriklerinin tozlayıcı olarak Vasilâki (sırasıyla %18.17 ve 3.51) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Kuntra (sırasıyla %17.17 ve 3.43) üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilene göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tozlayıcı olarak Vasilâki (31.42) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine ait tanelerin, tozlayıcı olarak Kuntra (27.64) üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine ait tanelere göre daha olgun oldukları belirlenmiştir.

Ürün yükünün fazla olduğu omcalara ait üzümlerin olgunlaşmasının ürün yükü az olanlara nazaran daha geç olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Dardeniz, 2001; Dardeniz, 2014; Sezen ve Dardeniz, 2015). Yapılan bu araştırmada tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda omca yükü fazla olan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin %asitlik değerinin daha yüksek, diğer yandan %SÇKM ve olgunluk indisinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu tozlayıcı çeşidin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin olgunluk indisi tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdakinden daha düşük kalmıştır (Tablo 6).

Özen ve ark. (1996)'nın 1991 ve 1995 yıllarında yürütmüş oldukları çalışmada, 5BB anacı üzerine aşılı ve Kuntra tozlayıcı çeşidiyle tozlanmakta olan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidine ait %SÇKM değeri %18.8, olgunluk indisi ise 39.7 olarak belirlenmiştir. Yürütülen bu araştırmada ise %SÇKM değeri %17.17 ve olgunluk indisi 27.64 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerlerin Özen ve ark. (1996)'nın bulgularına kıyasla daha düşük olmasının, omcaların yaşları ile yüklerindeki farklılıktan, yıldan, mevkiiden ve üzüm hasadının muhtemelen farklı tarihlerde yapılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında taneye ait kabuk renk değerleri
Table 5. Skin color values of berry in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	L			C (Chroma)			°H (Hue)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	24.99 b	25.58 b	25.28 b	5.76	6.45 a	6.10	117.4 a	119.4	118.4 a
Vasilâki	26.88 a	26.78 a	26.83 a	5.85	6.01 b	5.93	112.9 b	117.9	115.4 b
LSD (0.05)*	0.8978	0.3834	0.4083	ÖD	0.2382	ÖD	2.9313	ÖD	2.0398

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Tablo 6. Tozlayıcı olarak Kuntra ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi bağlarında taneye ait bazı kimyasal özellikler
Table 6. Some chemical properties of berry in Bozcaada Cavusu grape variety vineyards where Kuntra and Vasilâki grape varieties are used as pollinators

Tozlayıcı çeşitler	SÇKM (%)			pH			Asitlik (%)			Olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik ⁻¹)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
Kuntra (Karacakız)	17.51 b	16.83	17.17 b	3.54	3.32 b	3.43 b	0.695	0.573	0.634	25.70	29.57 b	27.64 b
Vasilâki	18.87 a	17.46	18.17 a	3.53	3.49 a	3.51 a	0.655	0.534	0.595	29.72	33.12 a	31.42 a
LSD (0.05)*	1.1475	ÖD	0.8806	ÖD	0.1272	0.0787	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	3.3389	3.0115

ÖD: Önemli değil. LSD (0.05): 0.05 düzeyinde önemli. Ort.: Ortalama.

Eren (2015)'in yapmış olduğu çalışmada, verimi yüksek olan Ova mevkiinde yetiştirilen Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinden düşük olgunluk indisi, verimi düşük olan Sulubahçe mevkiindeki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinden ise yüksek olgunluk indisi değerleri elde edilmiştir. Mevcut araştırma sonuçlarına göre, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda yüksek ortalama verime sahip Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinde olgunluk indisinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda düşük ortalama verime sahip olan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tanelerinde olgunluk indisinin daha yüksek seyretmesi önceki araştırma bulgularını destekler niteliktedir.

4. Sonuç

Araştırma bulgularına göre; tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin ortalama verimi, salkım ağırlığı ve tane ağırlığı daha yüksek olmuştur. Buna ek olarak tane sayısı yüksek, daha sık ve kompakt salkımlar elde edilmiştir. Ayrıca, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdaki Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi, Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdakine göre daha ince kabuk kalınlığına sahip taneler oluşturmuştur. Bu durumun tüketici beğenisi açısından daha uygun, ancak nakliye ve muhafaza açısından dezavantajlı olabileceği düşünülmektedir.

Ancak, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane sayısı ve ortalama veriminin daha yüksek olması nedeniyle, tanelerde ağırlıklı olarak yeşilimsi renk hâkim olmakta ve tanelerin çeşide özgü sarımsı–yeşil renk (kehribar sarısı) alması biraz gecikebilmektedir. Bununla birlikte, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan elde edilen Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi tanelerinin %asitliği yüksek; pH, %SÇKM ve olgunluk indisi daha düşük seviyede kalmaktadır.

Bütün bu nedenlerden dolayı, tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin en az 4–5 gün daha geç hasat edilmesinin, çeşidin renk ve olgunluk özellikleri açısından uygun olabileceği ileri sürülebilir. Bozcaada'daki bağcılar arasında Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinde ideal olarak 25–30 adet tane bulunduran ve “Seldiren salkım” olarak tabir edilen salkımlar tercih sebebidir. Tozlayıcı olarak Vasilâki üzüm çeşidinin kullanıldığı bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinden 25.87 adet salkım⁻¹ tane sayısı sağlanması bakımından, seldiren salkım özelliğine yaklaşılmışsa da, bu bağdan elde edilen ortalama verim tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidinin kullanıldığı bağdan alınandan daha düşük kalmıştır.

Tozlayıcı olarak Kuntra üzüm çeşidi kullanılarak kurulmuş bağda Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin tane sayısı ve ortalama veriminin daha yüksek olması, tane gelişimi ve olgunluğu nispeten geciktirmiştir. Böylece Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin daha geç tarihte hasat edilmesiyle birlikte, Bozcaada'daki sınırlı hasat periyodunun da uzatılmasına katkı sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Açıkbaş, B., Bellitürk, K. (2016). Vermikompostun Trakya İlkeren/5BB aşu kombinasyonundaki asma fidanlarının bitki besin elementi içerklerine etkisi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 13 (4): 131–138.
- Ağaoğlu, Y.S. (1999). Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık. Cilt 1 Asma Biyolojisi. Kavaklıdere Eğitim Yayınları No. 1. 205 s. Ankara.
- Al-Delaimy, S.K., Ali, S.H. (1970). The effect of different date palm pollen on maturation and quality of ‘Zahidi’ date fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 94: 638–639.
- Anonim. (1997). T.C. Standart Üzüm Çeşitleri Kataloğu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. 88 s. Ankara.
- Ansari, M., Davarynejad, G.H., Tornyai, J., Nyéki, J., Szabo, Z., Soltész, M. (2010). Effects of self–and crosspollination on fruit set and fruit quality of sour cherry cultivars. *International Journal of Horticultural Science*, 16: 31–36.
- Bahar, E., Korkutal, İ., Şahin, N., Sağır, F.S., Kök, D., Ergönül, O., Özalp, Z.O. (2019). Ganos Dağları doğal florasında bulunan kültür asmalarının (*Vitis vinifera* L.) moleküler ve ampelografik karakterizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 92–102.
- Çelik, H. (2006). Üzüm Çeşit Kataloğu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü. Sun Fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi: 3. 165 s. Ankara.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G. (1998). Genel Bağcılık. Sun Fidan A.Ş., Mesleki Kitaplar Serisi:1. Fersa Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara, 253 s.
- Dardeniz, A. (2001). *Asma fidancılığında bazı üzüm çeşidi ve anaçlarda farklı ürün ve sürgün yükünün üzüm ve çubuk verimi ile kalitesine etkileri üzerine araştırmalar* (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 167 s. Bornova–İzmir.
- Dardeniz, A. (2002). Bozcaada bağcılığının mevcut durumu, sorunları ve bağcılığın geliştirilmesine yönelik öneriler. Tarım Kredi Kooperatifleri Merkez Birliğı Yayın Organı. Türk–Koop Ekin. 20: 77–84.
- Dardeniz, A. (2014). Effects of cluster tipping on yield and quality of Uslu and Cardinal table grape cultivars. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 21–26.
- Dardeniz, A., Şeker, M., Yancar, A., Gökbayrak, Z., Bahar, E., Kahraman, K.A. (2011). Çanakkale’de Bozcaada Çavuşu Üzüm Çeşidi Yetiştiriciliğı ve Karşılaşılan Sorunlar. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*. 27–30 Nisan. Eskişehir, Türkiye.
- Denney, J.O. (1992). Xenia includes metaxenia. *Hort–Science*, 27: 722–728.
- Eren, R. (2015). *Farklı mevkilerin Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin kalite özellikleri üzerine etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Fotiric, M., Multinovic, M., Nikolic, D., Rakonjac, V. (2003). Pollinizer influence on berry and seed properties in grapevine cultivar ‘Bagrina’ (*Vitis vinifera* L.). *Acta Horticulturae*, 603: 775–777.
- Kıracı, N.A., Bayraktar, H., Usta, K., Özışık, S., Gürmil, K. (2002). Bozcaada Çavuşu, Kozak Beyazı, Karasakız ve Amasya Beyazı Üzüm Çeşitlerinde Klon Seleksiyonu Çalışmaları. *Türkiye V. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu*, 97–102. 5–9 Ekim. Nevşehir, Türkiye.
- Kumar, K., Das, B. (1996). Studies on xenia in almond (*Prunus dulcis* Miller DA Webb). *Journal of Horticultural Science*, 71: 545–549.
- Marasalı, B., Ergül, A. (1997). Farklı tozlanma şekillerinin üzüm çeşitlerinde tane tutumu ve çekirdek oluşumuna etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (1): 39–42.
- Nyéki, J. (1980). Xenia és metaxenia. In: Nyéki J. (Ed.), Gyümölcsfajtak viragzasbiologiaja és termékenyülése. Mezogazdasági Kiado, Budapest, Hungary, 72–74.
- Oraman, M.N. (1965). Yeni Bağcılık. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 253. Ders Kitabı: 89. 3. Baskı. 347 s. Ankara.
- Oraman, M.N. (1972). Bağcılık Tekniğı II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 470. Ankara.
- Özen, T., Özışık, S., Boz, Y., Bayraktar, H. (1996). Değışik Amerikan Asma Anaçlarının Bozcaada Çavuşu Üzüm Çeşidinin Verim, Gelişme ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerini Araştırmalar. Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bağcılık Araştırma Proje Özetleri Tekirdağ 1997. 38 s.
- Sabır, A. (2011). Influences of self–and cross–pollinations on berry set, seed characteristics and germination progress of grape (*Vitis vinifera* cv. Italia). *International Journal of Agriculture and Biology*, 13 (4): 591–594.
- Sabır, A. (2015). Xenia and metaxenia in grapes: differences in berry and seed characteristics of maternal grape cv. ‘Narince’ (*Vitis vinifera* L.) as influenced by different pollen sources. *Plant Biology*, 17 (2): 567–573.
- Sabır, A., Kilinc, S., Sabır, F. (2020). Qualitative and quantitative responses of early ripening table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) to pollination treatments under controlled growing condition. *Erwerbs–Obstbau*, 62 (1): 75–80.
- Samaan, L.G., Taha, M.W., Hassan, A.H., Boraby, M.S.E. (1981). Pollination and serological studies on Egyptian grapes. *Vitis*, 20: 293–301.

- Sezen, E., Dardeniz, A. (2015). Farklı kış budama dönemleri ve yaz budaması uygulamalarının Yalova İncisi üzüm çeşidinin verim ve kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (1): 15–27.
- Silveira, T.M.T., Raseira, M.C.B., Nava, D.E., Couto M. (2011). Blueberry pollination in Southern Brazil and the influence on fruit quality. *Revista Brasillare Fruticulture Jaboticabal-SP*, 33: 81–88.
- Şahin, G., Sabır, A. (2016). Farklı polen kaynakları ile tozlanan Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde tane büyüme seyri ve tane şekil indeksi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5 (1): 7–13.
- Tangolar, S., Ergenoğlu, F., Gök, S. (1996). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Bağı Üzüm Çeşitleri Kataloğu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi. 94 s. Adana.
- Uslu, İ., Samancı, H. (1997a). Marmara Bölgesi üzüm çeşitlerinde klon seleksiyonu çalışmaları. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler Yayın No: 95. 23 s. Yalova.
- Uslu, İ., Samancı, H. (1997b). Beyaz Çavuş ve Hamburg Misketi üzüm çeşidi için uygun telli terbiye şekillerinin saptanması. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkezi Araştırma Enstitüsü. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler Yayın No: 96. 31 s. Yalova.

Contact Toxicity of *Hypericum* Extracts against *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae)

Hypericum Ekstraktlarının *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae)'ya Karşı Kontak Toksisitesi


Cennet YAMAN^{1*}, Şeyda ŞİMŞEK²

Abstract

Medicinal and aromatic plants have popular recently to investigate their usability as natural resources in many areas due to their superior biological activity properties. *Hypericum* genus contains important medicinal plant species known worldwide. In this study, the ethanol extracts from different plant parts (flower, leaf and stem) of three *Hypericum perforatum* L., *Hypericum heterophyllum* Vent., *Hypericum scabrum* L. were screened for their toxicity against adults of *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae), an important insect of stored grains in many regions of the world. Insecticidal activity was analyzed at 10 % concentration of ethanol extracts, and measurements were taken at three different exposure times (24, 48 and 72 hours). Considering the factors analyzed on this insect, *Hypericum* species, plant part, exposure time as well as the interaction of *Hypericum* species and plant part displayed a statistically significant effect. The mortality values of extracts from *H. perforatum*, *H. heterophyllum* and *H. scabrum* varied from 44.8 % to 88.9 %, 26.0 to 78.8 %, 26.1 % to 50.3 % for adult of *R. dominica*, respectively, after 72 h. *H. perforatum* showed a stronger effect than other species. Among plant parts, the leaf showed superior mortality on this insect. In addition, the mortality rate increased with increasing exposure time. According to the interaction between *Hypericum* species and the plant part, the leaf of *H. perforatum* (79.4 %) displayed the strongest mortality, followed by the leaf of *H. heterophyllum* (70.6 %). After 72 hours, the highest mortality was recorded in the leaf parts of *H. perforatum*. The current results showed that the extracts, in particular, the leaf extracts of *H. perforatum* and *H. heterophyllum*, may be evaluated as a new natural potential product of plant-derived insecticide because of its high mortality impact against *R. dominica*.

Keywords: *Hypericum perforatum*, *Hypericum heterophyllum*, *Hypericum scabrum*, *Rhyzopertha dominica*, Insecticidal effect

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cennet Yaman, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey. E-mail: cennet.yaman@bozok.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2364-8171

² Şeyda Şimşek, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey. E-mail: seyda.simsek@bozok.edu.tr  OrcID: 0000-0002-0096-8949.

Atıf/Citation: Yaman C., Şimşek Ş., Contact toxicity of *Hypericum* Extracts against *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 737-744.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Tıbbi ve aromatik bitkiler, üstün biyolojik aktivite özelliklerinden dolayı birçok alanda doğal kaynak olarak kullanılabilirliklerini araştırmak için son zamanlarda popüler hale gelmiştir. *Hypericum* cinsi dünya çapında bilinen önemli tıbbi bitki türlerini içermektedir. Bu çalışmada, üç *Hypericum* türünün (*Hypericum perforatum* L., *Hypericum heterophyllum* Vent., *Hypericum scabrum* L.) çiçek, yaprak ve gövde kısımlarından elde edilen etanol ekstraktları, dünyanın birçok bölgesinde depolanmış tahılların önemli zararlısı olan *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) erginlerine karşı toksisiteleri açısından değerlendirilmiştir. Böcek öldürücü aktivitesi, %10 etanol ekstrakt konsantrasyonunda analiz edilmiş ve ölçümler, üç farklı zamanda (24, 48 ve 72 saat) alınmıştır. Bu tür üzerine analiz edilen faktörler değerlendirildiğinde *Hypericum* türleri, bitki kısmı, maruz kalma süresi ve *Hypericum* türleri ile bitki kısmı arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. *H. perforatum*, *H. heterophyllum* ve *H. scabrum*'dan elde edilen ekstraktların ölüm değerleri, 72 saat sonra *R. dominica* ergini için sırasıyla %44.8 ila %88.9, %26.0 ila %78.8 ve %26.1 ila %50.3 arasında değişmiştir. *H. perforatum* diğer türlere göre daha güçlü etki göstermiştir. Bitki kısımları arasında yaprak, tür üzerinde üstün ölüm oranı göstermiştir. Ek olarak, maruz kalma süresinin artmasıyla ölüm oranı artmıştır. *Hypericum* türleri ile bitki kısmı arasındaki etkileşime göre en yüksek ölüm oranını *H. perforatum* yaprağı (%79.4) gösterirken, onu *H. heterophyllum* yaprağı (%70.6) izlemiştir. 72 saat sonra, en yüksek ölüm *H. perforatum*'un yaprak kısımlarında kaydedilmiştir. Mevcut sonuçlar, ekstraktlardan, özellikle *H. perforatum* ve *H. heterophyllum*'un yaprak ekstraktlarının, *R. dominica*'ya karşı yüksek mortalite etkisi nedeniyle bitki kaynaklı insektisit yeni bir doğal potansiyel ürünü olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Hypericum perforatum*, *Hypericum heterophyllum*, *Hypericum scabrum*, *Rhyzopertha dominica*, İnsektisit etki

1. Introduction

One of the important pests among the stored grain insects is *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), known as lesser grain borer *R. dominica* is one of the insects that cause significant damage to many stored products. Larvae of this pest damage the product by eating the inside of the grain or living in flour and flour products. Adults are harmful by gnawing the outside of the grains (Dissanayaka et al., 2020). In some studies both in Turkey and other countries, it is reported that the adults cause weight loss in the stored grains and the damage reaches the economic level after 122 days from the contamination (Malagon and Trochez, 1985; Toğantimur and Özder, 2019). During the storage period, especially stored grain insects damage cereal grains both qualitatively and quantitatively, which causes degradation of seed, food or forage. The economic damage of insects that cause economic loss in granaries is 5-10% in developed countries, and this rate is higher in developing countries, which means an important economic loss (Hernandez Nopsa et al., 2015). In addition, these pests cause food contamination and cause serious problems for the food industry and human health (Wu et al., 2019, Sular et al., 2019).

Synthetic chemicals such as pesticides, fumigants and insecticides have been actively used management stored grain pests for a long time (Kostyukovsky and Shaaya, 2013). These chemical products have caused very important problems such as air pollution, change of balance in the ecosystem, harm to living health, emergence of resistant pests and other. So, recently, scientists have focused to search for new and natural products to control against pests for both these reasons and high costs (Damalas and Eleftherohorinos, 2011; Paoli et al., 2015). To control pests, scientists are looking for low-cost, organic products that are residue-free in nature and are less harmful to human health. Therefore, it has become popular to investigate the toxic effects of various plant species against pests (Guru-Pirasanna-Pandi et al., 2018; Zaka et al., 2019; Lampiri et al., 2020). Because, plant-derived materials are natural products, they are less harmful to the environment and living things (Sodaeizadeh et al., 2010).

Hypericum species (Hypericeae), which is in the group of medicinal plants contain the extremely significant phytochemicals such as phenolic acid, flavonoids (hyperin, hyperoside, luteolin), naphodianthrones (hypericin, protohypericin, pseudohypericin), phloroglucinols (hyperforin), xanthenes and essential oils (Napoli et al., 2018). *Hypericum perforatum* are rich in naphodianthrones and phloroglucinols which exhibit many biological activities (Barnes et al., 2019; Lazzara et al., 2020). The type and amount of chemical components belonging to plants can vary in different parts (flower, leaf, stem, root etc.) of plants, which causes efficacy differences among plant parts (Sarrou et al., 2018), and even organic solvent varieties (Khan et al., 2017).

As known, *H. perforatum* and *H. scabrum* are economically important species that are actively used in many areas of the pharmaceutic in most countries (Zorzetto et al., 2015). Also, a few studies were reported about insecticidal effect of both *Hypericum* species (Tozlu et al., 2011; Rouis et al., 2013; Dastagir et al., 2016). In previous studies, there have been reports of the usability of *Hypericum* species to control of insects and their larvae (da Silva et al., 2013; Biniaś et al., 2016; Erdoğan and Yıldırım, 2016; Puthur et al., 2019). Additionally, *Hypericum* extracts from *H. perforatum* and *H. scabrum* had a strong toxicity on insects, especially against many Coleopteran insects such as *Tribolium castaneum*, *Trogoderma granarium*, *Callosobruchus analis*, *Sitophilus oryzae*, *R. dominica* (Tozlu et al., 2011; Dastagir et al., 2016). But, there is still inadequate information regarding their toxic effects against adults of *R. dominica*. Moreover, there are no references of insecticidal effect of extracts with organic solvent from different plant parts of *H. scabrum* and *H. heterophyllum* on the Coleopteran insects in stored grains. In current study, the ethanol extracts from *H. heterophyllum*, an endemic to Turkey, was first time used against *R. dominica*. The aim of this study was to analyze the toxic effect on *R. dominica*, important stored product insect, of ethanol extracts from different plant parts (flower, leaf, stem) of *Hypericum* species (*H. perforatum*, *H. heterophyllum*, *H. scabrum*).

2. Materials and Methods

2.1. Plant materials

Hypericum perforatum, *H. heterophyllum* and *H. scabrum* were collected aerial parts of each species including more than 30 individuals at 100% flowering period from their natural habitats (Turkey) showed in Table 1. Collection of plants was done between 11:00 and 13:00. The flowers, leaves and stem parts of the plants

were separated, and dried under shade at 20 ± 2 °C for analysis. The plant materials were determined by Prof. Dr. Osman Tugay (Department of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Selçuk University). Voucher specimens are kept in KNYA Herbarium of the Selçuk University, Faculty of Science, Konya, Turkey (Herbarium numbers: 28281, 28282, and 28283, respectively).

Table 1. Habitat and collection status of the *Hypericum* species

Species	Location	Collection time	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
<i>Hypericum perforatum</i>	Çorum, Yeşilçat Village	01.07.2017	40°41'16	34°7'51	1372
<i>Hypericum heterophyllum</i> ¹	Yozgat, Bozok University Campus	04.07.2017	39°46'42	34°47'51	1332
<i>Hypericum scabrum</i>	Yozgat, Gelin Kayası	13.06.2017	39°50'20	34°45'44	1401

¹It is endemic to Turkey.

2.2. Extraction of plant samples for analysis

The aerial parts (flower, leaf and stem) of the *Hypericum* species were used for the extraction. The aerial parts were dried under shade and mechanically ground with a blender. 4 g (three replicate) of each grounded plant materials were extracted individually in 40 mL of 100% ethanol at 40 °C for 24 h (Yaman, 2020). The resulting solutions were filtered through whatman paper and the solvent was removed on a rotary evaporator at temperature below 40°C.

2.3. Insect source

Stock cultures of insects were obtained from the Department of Plant Protection, Yozgat Bozok University. Wheat grains were used for feeding of *R. dominica* adult. The stock cultures of insects were incubated at 27 ± 2 °C. Adult individuals were taken into these jars and left to feed. These stock cultures were incubated at 27 ± 2 °C in dark conditions. Within 45 days, a new generation of adults emerged, and randomly selected adult individuals were used in the study (Abay et al., 2012).

2.4. Contact toxicity

The 10% concentration of *Hypericum* extracts which dissolved with acetone, and used for contact effect according to method used by Gokce et al., (2010). The 1 µl amount of the extracts was applied topically to each insect by micro-aplicator. For control, 1 µl insect-1 of acetone solvent was treated. The experiment was plotted in complete randomized design while six replications were set up for each assay after the insects were taken from stock cultures at a random age, ten adults were transferred to each petri dish. At the end of the application, the insects were incubated with the food under the conditions mentioned above, and the mortality was recorded after 24, 48 and 72 h of exposure. The mortality rates were calculated as %.

2.5. Statistical analysis

No mortality was observed in the control applications of all species. The same vials were examined for mortality at the different exposure intervals (24, 48, and 72 hours), so mortality data were analyzed by using one-way analysis of variance (ANOVA) with *Hypericum* specie, plant part and exposure time as the main effects. Percent mortality data were expressed as mean values and standard error (\pm SE). It was used Levene's test to check homogeneity of variances before ANOVA tests. Also, data given in percentages were subjected to arcsine (\sqrt{X}) transformation before statistical analysis. Differences between the means were compared by Duncan's multiple range tests using SPSS 20.0 Statistical software at 0.01 level.

3. Results and Discussion

Non-synthetic natural origin materials such as crude extracts and essential oils with secondary metabolites from plants, and other biomolecules from microorganisms have been suggested as alternatives for controlling *R. dominica* adults. In this work, ethanolic extracts from flower, leaf and stem parts of *Hypericum* species were evaluated against this insect.

Mortality of *R. dominica* adults was significantly affected from all main effects (*Hypericum* species, plant part and exposure time) and *Hypericum* species x Plant part interaction ($P < 0.01$). However, the associated interactions within exposure time were not significant ($P \geq 0.32$). The plant part among all main effects displayed the highest F value ($F=66.75$) (Table 2).

Table 2. Habitat and collection status of the *Hypericum* species

Source	df	<i>R. dominica</i>	
		F	P
<i>Hypericum</i> species	2	21.98	<0.01**
Plant part	2	66.75	<0.01**
Exposure time	2	23.90	<0.01**
<i>Hypericum</i> species x Plant part	4	13.61	<0.01**
<i>Hypericum</i> species x Exposure time	4	1.19	0.32
Plant part x Exposure time	4	0.58	0.68
<i>Hypericum</i> species x Plant part x Exposure time	8	0.77	0.63
Error	135		

total df=162. $p < 0.01$. **

A very high mortality was observed as a result of the factors examined on the control of this insect. The mortality of *R. dominica* varied from 19.3 to 88.9% for all exposure intervals, and was found to increase with increasing exposure time in all extracts (Table 3). After 72 h of exposure, leaf extracts of *H. perforatum* (88.9%) and *H. heterophyllum* (78.8%) displayed strong toxic effect, and were statistically in the same group.

When the efficacy of the tested *Hypericum* species on these insects is examined, *H. perforatum* (52.2%) was found to be powerful effective than other *Hypericum* species, but there was no statistical difference between *H. perforatum* and *H. heterophyllum* (48.2%) (Table 3). In a recent study, Yaman and Şimşek (2021) investigated the effect of acetone extracts of *Hypericum* species on *R. dominica*, and found the highest mortality in *H. perforatum* as 42.3%. But, in currently study, ethanol extracts of *H. heterophyllum* displayed the high toxic effect on *R. dominica*. To the best of our knowledge, *H. heterophyllum*, an endemic species to Turkey, was analysed first time toxicity of its ethanolic extracts on this pest, had only a few studies about pest management. For example, Hernandez Nopsa et al. (2015) reported that *H. heterophyllum* exhibited the stronger inhibition zone against *Paenibacillus* larvae than other many *Hypericum* species. Yaman and Şimşek (2021) recorded that *H. heterophyllum* displayed high toxic effect on stored grain pests. In fact, many scientists have investigated usability in pest control of some *Hypericum* species. Erdoğan and Yıldırım (2016) indicated that *Hypericum calycinum* L. exhibited about 60% mortality against *Myzus persicae* Sulzer. Puthur et al. (2019) declared that *Hypericum japonicum* Thunb. displayed 85% mortality on *S. oryzae*. Biniś et al. (2016) notified that aqueous extract of *H. perforatum* inhibited the feeding activity on larvae of *Leptinotarsa decemlineata*. da Silva et al. (2013) recorded that *Hypericum carinatum* Griseb. was high toxicity against *Aedes aegypti*.

Table 3. Mortality effect of ethanol extracts from flower, leaf and stem parts of *Hypericum* species on *Rhizopertha dominica* adults after 24, 48 and 72 h of exposure time.

Source	df	Exposure time						Average	Average
		24h		48h		72h			
Control		0.0	c	0.0	e	0.0	d	0.0	e
<i>Hypericum perforatum</i>	Flower	24.1±0.41	b	36.3±0.27	cd	44.8±0.26	c	35.1	cd
	Leaf	62.0±0.54	a	87.4±0.58	a	88.9±0.54	a	79.4	a
	Stem	25.8±1.46	b	42.2±0.80	c	56.7±0.33	bc	41.6	cd
<i>Hypericum heterophyllum</i>	Flower	19.3±0.22	b	22.3±0.37	d	26.0±0.26	d	22.5	d
	Leaf	56.8±0.26	a	76.2±0.46	ab	78.8±0.15	a	70.6	ab
	Stem	30.4±1.68	b	60.5±0.51	b	63.7±0.21	b	51.5	bc
<i>Hypericum scabrum</i>	Flower	26.0±0.26	b	38.0±0.26	cd	41.5±0.24	c	35.2	cd
	Leaf	32.8±0.63	b	41.3±0.54	c	50.3±0.45	bc	41.5	cd
	Stem	20.9±0.27	b	22.5±0.30	d	26.1±0.18	d	23.2	d
Exposure time average		33.1	b	47.4	ab	53.0	a		

Means followed by the different letter are significantly different (Duncan test at 0.01).

Our results indicated that the efficacy of *Hypericum* extracts varies among the *Hypericum* species tested, and it was extremely related with the plant parts. Similarly, Haouas et al. (2008) reported that the effect of flower and leaf parts against *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val. varied by eight *Chrysanthemum* species which had different toxic effects among themselves.

The plant parts among all main effects had a statistically significant effect on *R. dominica*. Moreover, the leaf (63.8 %) displayed the stronger mortality than other plant parts (Figure 1). In fact, it was recorded that it is twice as effective as flower (38.8 %) and stem (30.9 %) parts. Looking at previous studies, many scientists have reported that the leaf part of plants has a superior insecticidal activity compared to other plant parts (Batish et al., 2008; Chauhan et. al., 2015; Alvi et al., 2018; Şimşek et al., 2019; Yaman and Şimşek, 2021).

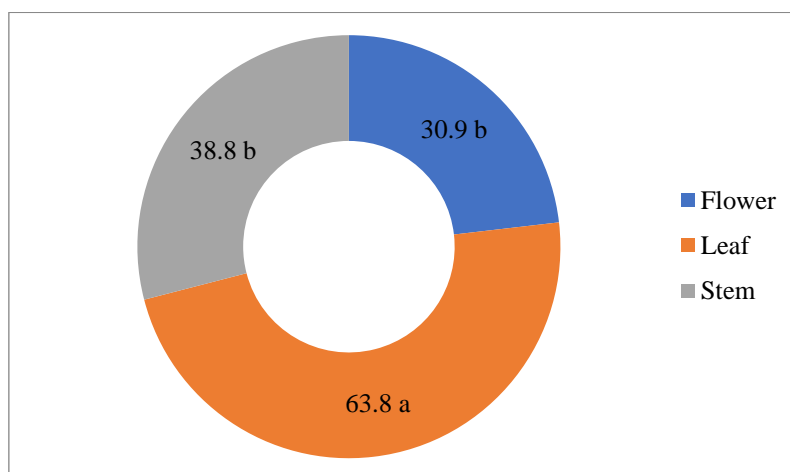


Figure 1. Toxic effect of the flower, leaf and stem parts from *Hypericum* species against *Rhizopertha dominica* adults

When examining the interaction between the *Hypericum* species and plant part, the leaf part of *H. perforatum* exhibited the strongest mortality (79.4 %) followed by the leaf part of *H. heterophyllum* (70.6 %). Yaman and Şimşek (2021) were notified that leaf part of *Hypericum* species was more effective against *R. dominica* than their other parts. On the contrary, Dastagir et al. (2016) found that different plant parts of *H. perforatum* had no mortality against *R. dominica*. This was obviously proven in previous studies that different solvent extracts of a species had different toxicologic effects on insects. According to the results of Kıza et al. (2018) notified that methanol extract of *Olea europaea* L. leaf had stronger toxicity on *T. confusum* than its ethanol extract. Boussaada et al. (2008) revealed that some Asteraceae plant extracts showed high mortality on adults of *T. confusum*, and their effect varied with different solvents.

4. Conclusions

In search for the detection of strong toxic botanical plant raw material against stored product insects, safe for botanic use and preparations, the insecticidal effects presented in this study reveals the opportunity to valorize toxicity of plant parts in order to identify superior the *Hypericum* species. Our results indicate that 10% concentration of flower, leaf and stem extracts with ethanol from *H. perforatum*, *H. heterophyllum* and *H. scabrum* from Turkey were screened for insecticidal activity and we identified two extracts with potent toxic activity against *R. dominica*. The results indicated that the leaf extract of *H. perforatum* and *H. heterophyllum* can be useful in controlling adults of *R. dominica*. In the future, *H. perforatum* and *H. heterophyllum* can be evaluated as insecticide because of both its potential effect in controlling *R. dominica*. For the practical application of the extracts from the leaf parts of these *Hypericum* species, including phyto-constituents, further studies are necessary to shed light on the safety and efficacy.

Acknowledgment

This work supported by the Scientific Research Center of Yozgat Bozok University (project no: 6602c-ZF/17-137), Yozgat.

References

- Abay, G., Karakoç, Ö.C., Tüfekçi, A.R., Koldas S., Demirtas. I. (2012). Insecticidal activity of *Hypnum cupressiforme* (Bryophyta) against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 51: 6-10.
- Alvi, A. M., Iqbal, N., Bashir, M.A., Rehmani, M.I.A., Ullah, Z., Latif, A., Saeed, Q. (2018). Efficacy of *Rhazya stricta* leaf and seed extracts against *Rhyzopertha dominica* and *Trogoderma granarium*. *Kuwait Journal of Science* 45(3).
- Barnes, J., Arnason, J.T., Roufogalis, B.D. (2019). St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): botanical, chemical, pharmacological and clinical advances. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 71: 1–3.
- Batish D.R., Singh H.P., Kohli R.K., Kaur, S. (2008). *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *For. Ecol. Manage.*, 256: 2166-2174
- Biniaš, B., Gospodarek, J., Rusin, M. (2016). Effect of aqueous extract of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) on the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) behaviour. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 61(3): 25-29.
- Boussaada, O., Kamel, M.B.H., Ammar, S., Haouas, D., Mighri, Z., Helal, N. (2008). Insecticidal activity of some Asteraceae plant extracts against *Tribolium confusum*. *Bulletin of Insectology* 61: 283-289.
- Chauhan, N., Kumar, P., Mishra, S., Verma, S., Malik, A., Sharma, S. (2015). Insecticidal activity of *Jatropha curcas* extracts against housefly, *Musca domestica*. *Environmental Science and Pollution Research* 22(19):14793-14800.
- Da Silva, F.C., de Barros, F.M.C., Prophiro, J.S., da Silva, O.S., Pereira, T.N., de Loreto Bordignon S.A., Eifler-Lima, V.L., von Poser, G.L. (2013). Larvicidal activity of lipophilic extract of *Hypericum carinatum* (Clusiaceae) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and benzophenones determination. *Parasitology Research* 112: 2367–2371.
- Damalas, C.A., Eleftherohorinos, I.G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 1402–19.
- Dastagir, G., Ahmed, R., Shereen, S. (2016). Elemental, nutritional, phytochemical and biological evaluation of *Hypericum perforatum* Linn. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 29(2): 547-55.
- Dissanayaka, D.M.S.K., Sammani, A.M.P., Wijayaratne, L.K.W. (2020). Residual efficacy of spinosad and spinetoram on traditional and new improved rice varieties on the mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Stored Products Research* 88: 101643.
- Erdoğan, P., Yıldırım, A. (2016). Insecticidal activity of three different plant extracts on the green peach Aphid [(*Myzus persicae* Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)]. *Journal of the Entomological Research Society* 18: 27–35.
- Gokce, A., Stelinski, L.L., Whalon, M.E., Gut, L.J. (2010). Toxicity and Antifeedant Activity of Selected Plant Extracts Against Larval Obliquebanded Leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris). *The Open Entomology Journal* 4: 18-4.
- Guru-Pirasanna-Pandi, G., Adak, T., Gowda, B., Patil, N., Annamalai, M., Jena, M. (2018). Toxicological effect of underutilized plant, *Cleistanthus collinus* leaf extracts against two major stored grain pests, the rice weevil, *Sitophilus oryzae* and red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 154: 92–9.
- Haouas, D., Halima-Kamel, M.B., Hamouda. M.H.B. (2008). Insecticidal activity of flower and leaf extracts from *Chrysanthemum* species against *Tribolium confusum*. *Tunisian Journal of Plant Protection* 3: 87-94.
- Hernandez Nopsa, J.F., Daghli, G.J., Hagstrum, D.W., Leslie, J.F., Phillips, T.W., Scoglio, C., Thomas-Sharma, S., Walter, G.H., Garret, K.A. (2015). Ecological networks in stored grain: key postharvest nodes for emerging pests, pathogens, and mycotoxins. *BioScience* 65: 985–1002.
- Khan, S., Taning, C.N.T., Bonneure, E., Mangelinckx, S., Smagghe, G., Shah, M.M. (2017). Insecticidal activity of plant-derived extracts against different economically important pest insects. *Phytoparasitica* 45: 113–24.
- Kısa, A., Akyüz, M., Çoğun, H.Y., Kordali, Ş., Bozhüyük, A.U., Tezel, B., Şiltelioğlu, U., Anıl, B., Çakır, A. (2018). Effects of *Olea europaea* L. leaf metabolites on the tilapia (*Oreochromis niloticus*) and three stored pests, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* and *Acanthoscelides obtectus*. *Records of Natural Products* 12: 2010–2015.
- Kostyukovsky, M., Shaaya, E. (2013). Advanced methods for controlling insect pests in dry food. p. 279–94. In: I. Ishaaya, S.R Palli, A.R. Horowitz. (ed.). *Advanced technologies for managing insect pests*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Lampiri, E., Agrafioti, P., Levizou, E., Athanassiou, C.G. (2020). Insecticidal effect of *Dittrichia viscosa* lyophilized epicuticular material against four major stored-product beetle species on wheat. *Crop Protection* 132: 105095.
- Lazzara, S., Carrubba, A., Napoli, E. (2020). Variability of Hypericins and Hyperforin in *Hypericum* Species from the Sicilian Flora. *Chemistry & Biodiversity* 17: 1900596.
- Malagon, M.E., Trochez, P.A. (1985). Evaluation of weight losses in stored wheat caused by the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera: Bostrychidae) and observations on its life cycle under laboratory conditions. *Acta Agronomica* 35: 78-90.
- Napoli, E., Siracusa, L., Ruberto, G., Carrubba, A., Lazzara, S., Speciale, A. (2018). Phytochemical profiles, phototoxic and antioxidant properties of eleven *Hypericum* species—A comparative study. *Phytochemistry* 152: 162–73.
- Paoli, D., Giannandrea, F., Gallo, M., Turci, R., Cattaruzza, M.S., Lombardo, F. (2015). Exposure to polychlorinated biphenyls and hexachlorobenzene, semen quality and testicular cancer risk. *Journal of Endocrinological Investigation* 38: 745–52.
- Puthur, S., Anoopkumar, A.N., Rebello, S., Aneesh, E.M. (2019). Synergistic control of storage pest rice weevil using *Hypericum japonicum* and deltamethrin combinations: a key to combat pesticide resistance. *Environmental Sustainability* 2: 411–7.
- Rouis, Z., Laamari, A., Abid, N., Elaissi, A., Cioni, P.L., Flamini, G., Aouni, M. (2013). Chemical composition and larvicidal activity of several essential oils from *Hypericum* species from Tunisia. *Parasitology Research* 112: 699–705.

- Sarrou, E., Giassafaki, L.P., Masuero, D., Perenzoni, D., Vizirianakis, I.S., Irakli, M., Chatzoupolou, P., Martens, S. (2018). Metabolomics assisted fingerprint of *Hypericum perforatum* chemotypes and assessment of their cytotoxic activity. *Food and Chemical Toxicology* 114: 325–33.
- Sodaeizadeh, H., Rafieiolhossaini, M., Van Damme, P. (2010). Herbicidal activity of a medicinal plant, *Peganum harmala* L., and decomposition dynamics of its phytotoxins in the soil. *Industrial Crops and Products* 31: 385–94.
- Sular, M., Sağlam, Ö., Işıkber, A.A. (2019). Spinetoram'ın bürölce tohum böceği, *Callasobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae)'a karşı rezidüel toksisitesinin belirlenmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 16(2): 133-143.
- Şimşek, Ş., Gürsoy, M., Erkul, S.K. (2019). The contact toxicity of some plant extracts on *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 7(11): 1785-1788.
- Toğantimur, O., Özder, N. (2019). Edime ilinde depolanmış buğday ve un fabrikalarında saptanan zararlı böcekler üzerine araştırmalar. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 16(2): 192-201.
- Tozlu, E., Cakir, A., Kordali, S., Tozlu, G., Ozer, H., Akcin, T. (2011). Chemical compositions and insecticidal effects of essential oils isolated from *Achillea gypsicola*, *Satureja hortensis*, *Origanum acutidens* and *Hypericum scabrum* against broadbean weevil (*Bruchus dentipes*). *Scientia Horticulturae* 130: 9–17.
- Wu, L., Liu, Z., Bera, T., Ding, H., Langley, D.A., Jenkins-Barnes, A., Xu, J. (2019). A deep learning model to recognize food contaminating beetle species based on elytra fragments. *Computers and Electronics in Agriculture* 166: 105002.
- Yaman, C. (2020). Phytochemicals and antioxidant capacity of wild growing and *in vitro* *Hypericum heterophyllum*. *Romanian Biotechnological Letters* 2(6): 2111-2117.
- Yaman, C., Şimşek, Ş. (2021). Insecticidal effect of from three *Hypericum* species extracts against *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* and *Tribolium confusum*. *Ciência e Agrotecnologia*, 45.
- Zaka, S.M., Iqbal, N., Saeed, Q., Akrem, A., Batool, M., Khan, A.A., Anwar, A., Bibi, M., Azeem, S., Rizvi, D., Bibi, R., Khan, K.A., Ghramh, A.A., Ansari, M.J., Latif, S. (2019). Toxic effects of some insecticides, herbicides, and plant essential oils against *Tribolium confusum* Jacquelin du val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). *Saudi Journal of Biological Sciences* 26: 1767–71.
- Zorzetto, C., Sánchez-Mateo, C.C., Rabanal, R.M., Lupidi, G., Petrelli, D., Vitali, L.A., Bramucci, M., Quassinti, L., Caprioli, G., Papa, F., Ricciutelli, M., Sagratini, G., Vittori, S., Maggi, F. (2015). Phytochemical analysis and *in vitro* biological activity of three *Hypericum* species from the Canary Islands (*Hypericum reflexum*, *Hypericum canariense* and *Hypericum grandifolium*). *Fitoterapia* 100: 95–109.


Tarım İşletmelerinde İşgücü Etkinliğinin Artırılmasında Sermayenin Önemi*


The Importance of Capital in Terms of Increasing Labor Efficiency in Agricultural Enterprises


Zuhal KARAKAYACI¹, Merve BOZDEMİR AKÇİL^{2*}, Orhan EROĞLU³, Zeki BAYRAMOĞLU⁴**Öz**


Bu çalışma kapsamında; tarım işletmelerindeki işgücü varlığının belirlenerek sermaye unsurlarına dağılımının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sermayenin dağılımının bilinmesi tarım işletmecilerinin üretime yönelik planlama yapabilmeleri açısından önemlidir. Benzer şekilde makroekonomik ölçekte tarım sektörüne yönelik planlamanın gerçekleştirilebilmesi ve politika önerilerinde bulunulabilmesi için sermayenin unsurlara göre dağılımının tespit edilmesi gerekmektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren tarım işletmelerinin ekonomik faaliyetlerin kayıt altına alınmaması nedeniyle çalışmada kullanılan verilerin elde edilmesi için yüz yüze anket uygulanmıştır. Anketten elde edilen birincil veriler Ankara ili Beypazarı ilçesindeki 2019 üretim yılına aittir. Çalışma bulgularına göre toprak ile alet-makine sermayesinin etkin kullanımının işgücünün planlanmasına ve yönetilmesine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Tarım işletmelerinin toprak sermayesi ile doğru orantılı olarak işletmelerdeki kaynakların etkili kullanılabilmesine yönelik teknoloji yatırımları artmıştır. Dolayısıyla işletme ölçeğine göre alet-makine sermayesinde de artış gözlemlenmiştir. Tarım işletmelerinde toprak ve alet-makine sermayesinin verimli kullanılması para sermayesinin etkinliğini artırmıştır. Para sermayesi incelenen küçük ölçekli işletmelerde; işletme içi işgücü başına 1.500,0 TL ve mevsimlik işgücü başına 306,1 TL değerinde sermaye karşılığının olduğu belirlenmiştir. Orta ölçekli işletmelerde; işletme içi işgücüne 8.214,3 TL ve mevsimlik işgücüne 1.163,1 TL; büyük ölçekli işletmelerde işletme içi işgücüne 29.868,1 TL ve mevsimlik işgücüne 3.407,6 TL değerinde para sermayesi ayrılmaktadır. Elde edilen bu değerlere göre işletme içi işgücünün kırsal alanda istihdam yaratma ve sürdürülebilirlik açısından daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Kırsal alanda para sermayesini değerlendirerek yeni yatırım alanlarının oluşturulması kalkınma açısından yeterli bir çözüm değildir. Sermayenin planlamasına yönelik eylemlerin yanı sıra; işgücünü mesleki olarak sınıflandırmak ve beşerî sermaye düzeyini artırmak, kayıtdışı istihdamı azaltmak, tarımsal ihracatı geliştirmek, yabancı sermaye yatırımlarının tarım sektörüne yönlendirmek, kırsal alanda sosyal refahı artırmak da gerekmektedir. Tespit edilen bulgulara göre çalışma koşullarının iyileştirilmesi, yeni istihdam alanlarının yaratılması, işgücünün örgütlenmesi başlıklarına yönelik politika önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik, İstihdam, İşgücü, Sermaye, Tarım

¹Zuhal Karakayacı, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: zkarakayaci@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2933-5608.

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Merve Bozdemir Akçil, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: mbozdemir.akademi@gmail.com  OrcID: 0000-0002-5323-2265. Yükseköğretim Kurumu (YÖK) 100/2000 Bursiyeri.

³Orhan Eroğlu, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: orhaneroglu.zm@gmail.com  OrcID: 0000-0003-4633-8042.

⁴Zeki Bayramoğlu, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: zbayramoglu@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0003-3258-3848.

Atıf/Citation: Karakayacı, Z., Bozdemir Akçil, M., Eroğlu, O., Bayramoğlu, Z. Tarım işletmelerinde işgücü etkinliğinin artırılmasında sermayenin önemi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 745-755.

*Bu çalışma XIV. Uluslararası Katılımlı Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Within the scope of this study, it is aimed to specify the labor force in agricultural enterprises and to determine their distribution with respect to capital components. Being acquainted with the distribution of capital is important for agricultural operators to plan for production. Similarly, it is necessary to determine the distribution of capital according to the factors in order to carry out the planning for the agricultural sector on a macroeconomic scale and to propound policy recommendations. Due to the fact that the economic activities of the agricultural enterprises operating in Turkey are not recorded, the face-to-face survey method was applied to obtain the data used in the study. The primary data obtained from the survey belong to the 2019 production year in the Beypazarı district of Ankara. According to the findings of the study, it has been determined that the effective use of land and tool-machine capital varies depending on the planning and management of the workforce. In direct proportion to the land capital of agricultural enterprises, technology investments for the effective use of resources in enterprises have increased. Therefore, an increase was observed in the tool-machine capital according to the scale of the enterprise. The efficient use of land and tool-machine capital in agricultural enterprises has increased the efficiency of money capital. It was determined that in small-scale enterprises within which money capital was examined, there was a capital provision of 1.500.0 TL per in-house workforce and 306.1 TL per seasonal workforce. In medium-sized enterprises, 8.214,3 TL is allocated to the in-house workforce and 1.163,1 TL to the seasonal workforce, whereas in large-scale enterprises 29.868,1 TL of money capital is allocated for the in-house workforce and 3.407,6 TL for the seasonal workforce. According to these obtained values, it has been determined that the in-house workforce is more advantageous in terms of employment generation and sustainability in rural areas. Creating new investment areas by making use of money capital in rural areas is not an adequate solution for development. In addition to the actions taken for the sake of capital planning, it is also necessary to classify the workforce in terms of occupational manner and increase the level of human capital, reduce informal employment, improve agricultural exports, direct foreign capital investments to the agricultural sector, and increase social welfare in rural areas. According to the findings, policy recommendations were made on the topics of improving working conditions, creating new employment areas, and organizing the workforce.

Keywords: Efficiency, Employee, Labor, Capital, Agriculture

1. Giriş

Tarım işletmeleri; üretim için gerekli olan tüm faktörleri bir araya getirerek işgücünün yardımıyla insanların beslenmesine yönelik temel gıda maddelerinin ve sanayi işletmelerine yönelik hammaddelerin üretilmesini sağlayan iktisadi birimlerdir. Tarımsal üretimin karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle üretim aşamasında alınan kararlar son derece önemlidir (Günden ve Miran, 2008). İşletmeciler tarafından alınan kararlar; üretime yönelik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilmesi için tarım işletmecilerinin sahip oldukları fiziksel ve finansal kaynakların çeşitli varlıklara yatırılmasını sağlar. İşletmede kullanılan bu varlıklar; duran ve dönen varlıklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Duran varlıklar; işletmedeki üretim faaliyetlerinin başlatılması ve sürdürülmesi için gerekli olan arazi, makine, bina gibi kaynaklara yapılan yatırımları ifade eder. Duran varlıkların likiditeleri düşüktür. Dönen varlıklar ise işletme faaliyetlerine yönelik aksaklıkların ve eksikliklerin bertaraf edilmesini sağlayan, likiditesi yüksek yatırımlardır. Dönen varlıklar; işletmenin kasa ve/veya banka hesabında bulunan para, alacaklar vb. unsurlardan oluşmaktadır (Alagöz, 1993).

Tarım işletmelerinde duran varlıklar ve dönen varlıklar; işletmenin büyüklüğüne, tipine, bölgenin iklimsel özelliklerine, çevre koşullarına, doğal kaynaklara yakınlık düzeyine, işletmecinin sahip olduğu yetenekler ve yeterliliklere, üretim sürecinde yer alan işgücünün nitelik ve niceliksel varlığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Türkiye’de tarımsal üretime yönelik kullanılan faktörler içerisinde en kıt olanı işletme sermayesidir (Tosun ve Güneş, 2018). Tarımsal işgücünün verimli ve etkin çalışması işletmedeki sermaye yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İşletme sermayesinin kısıtlı olması da işgücünün çalışma performansını olumsuz etkileyerek verimli ve etkin çalışma olanaklarının azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla işletmelerdeki sermaye ve işgücü varlığı karşılıklı etkileşim içerisinde. Söz konusu etkileşim içerisinde işgücünü diğer sermaye unsurlarından ayıran en büyük özelliği sahip olduğu dinamik yapısının yanı sıra stoklanamayan bir maliyet unsuru olmasıdır. Tarımsal üretim süreçlerine katılan işgücü; uzmanlaşma düzeyi, teknoloji kullanma yeteneği, teknik bilgi düzeyi, üretimde katma değer yaratma durumuna göre işletme sermayesinin etkin kullanılmasına ve maliyetlerin azaltılmasına yönelik olumlu katkı sağlayabilecek özelliklere sahiptir.

Tarım işletmelerindeki işgücü varlığına yönelik sermayeye dağılımının bilinmesi üretim planlamasının yapılabilmesi, üretim maliyetlerinin minimize edilmesi, tarım işletmelerine yönelik yeni projelerin ve politikaların geliştirilebilmesi için önem arz etmektedir. Fakat tarım işletmelerinin yaklaşık %95.00’inde ekonomik faaliyetlerin kayıt altına alınmaması nedeniyle hem sermaye yapılarının hem de işgücünün varlığının bilinmemekte ve başarılı bir planlamanın yapılması engellenmektedir. Bu çalışma kapsamında söz konusu problemlere dikkat çekmek, mikro ölçekte problemleri değerlendirmek ve pilot bir çalışma ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Ankara ili, Beypazarı ilçesinde anket uygulanarak tarım işletmelerine ait sermaye varlıklarına ve işgücü verilerine ulaşılmıştır. Birincil verilerin elde edilmesinde işletmecilerin beyanları esas alınmıştır. Çalışma alanındaki üretim deseni dikkate alınarak işletmelerin sermaye ve işgücü varlıkları hesaplanmıştır. İncelenen tarım işletmelerinin bitkisel üretimde ön plana çıkmaları nedeniyle işletmelerde özellikle bakım ve hasat dönemleri içerisinde yoğun işgücü kullanıldığı tespit edilmiştir. Bir üretim dönemi içerisinde hem işletme içi hem de işletme dışı çalışan işgücü varlığına düşen sermaye değeri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar kapsamında istihdam edilen işgücü ve üretimde kullanılan sermaye unsurları değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma alanı Ankara’nın sebze üretiminde önemli ilçelerinden biri olan Beypazarı’dır. Toplam sebze üretim potansiyeli değerlendirildiğinde Beypazarı’nın özellikle havuç, ıspanak, marul ve yeşil soğan üretimde önemli bir rol üstlendiği görülmektedir. Bu nedenle araştırma alanı gayeli olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında birincil verilerin toplanması için yüz yüze anket uygulanmış ve 2019 yılı üretim dönemine ait veriler kullanılmıştır. İncelenen işletmelerde üretim deseni içerisinde; buğday, arpa, yeşil soğan, kabak, domates, tere, kırmızı pancar, marul, ıspanak, pırasa, biber, turp, havuç, roka, maydanoz, dereotu, patlıcan, brokoli, karnabahar, ayçiçeği ve nohut ürünleri bulunmaktadır. İkincil verilerin derlenmesinde ise konu ile ilgili yapılmış çalışmalardan, projelerden ve raporlardan faydalanılmıştır.

2.2. Metot

Çalışma kapsamında örnek sayısının belirlenmesinde tabakalı tesadüfî örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Anket sayısının belirlenebilmesi için aşağıdaki Eşitlik 1'den yararlanılmıştır (Yamane, 1967).

$$n = \frac{\sum(Nh * Sh)^2}{N^2 * D^2 + \sum(Nh * Sh^2)} \quad (\text{Eş.1})$$
$$D^2 = \frac{d^2}{z^2}$$

Formülde; n: Örnek sayısı, N: Ana kitledeki işletme sayısı, Nh: h'inci tabakadaki işletme sayısı, Sh: h'inci tabakanın varyansı, d: Ana kitle ortalamasından izin verilen hata payı, z: Hata oranına göre standart normal dağılım tablosundaki z değerini ifade etmektedir.

Örnek hacminin belirlenmesinde %5.00 hata payı ve %90.00 güven sınırları içerisinde çalışılmıştır. Ankara Beypazarı ilçesindeki toplam 1.555,0 tarım işletmesi popülasyonu oluşturmuştur. Örnek hacminde toplam 79 anketin yapılması gerektiği belirlenmiştir. Belirlenen örnek hacminin tabakalara dağıtılmasında Eşitlik 2 kullanılmıştır (Yamane, 1967). Örnekleme yer alan tarım işletmeleri içerisinde 10 da altında arazi varlığı olan işletmeler ortalama değerlerdeki sapmanın engellenmesi amacıyla örneğe dâhil edilmemiştir (Tablo 1).

$$n = (N_h S_h * n) / \sum N_h * S_h \quad (\text{Eş.2})$$

Tablo 1. İşletme genişlik gruplarına göre örnek işletmelerim sayısı

Table 1. The number of sample agricultural enterprises according to enterprise size groups

İşletme Genişlik Grupları (da)	Ana Çerçevdeki İşletme Sayısı (Adet)	Örneğe Çıkan İşletme Sayısı (Adet)	İşletmelerin Ortalama Genişliği (da)
10-40	319	5	23.8
41-130	700	29	90.2
131+	446	45	287.3
Toplam	1.465,0	79	198.3

İncelenen tarım işletmelerinin ekonomik değerlerinin analiz edilmesi için sermayenin fonksiyonlarına göre sınıflandırma yöntemi kullanılarak tarım ekonomisi alanında kullanılan sermaye hesaplama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Sermaye değerlerinin hesaplanmasına yönelik üretici beyanları ve çalışma alanındaki cari alım-satım değerleri esas alınmıştır.

Arazi Sermayesi; toprak sermayesi, arazi ıslah sermayesi, bina sermayesi ve bitki sermayesinin toplamını ifade etmektedir. Anket yapılan dönemin üretim sezonu dışında olması ve tarlalarda ekili ürünün olmaması nedeniyle arazi sermayesi içerisinde yer alan bitki sermayesi hesaplamalara dâhil edilmemiştir.

Toprak Sermayesi: işletmelerin sahip oldukları tarla, bağ ve meyve arazilerinin toplamını ifade etmektedir. Çıplak toprak değerinin yanı sıra toprağa bağlı doğal kaynaklardan (su kaynakları vb.) yararlanma hakkı da toprak sermayesi içerisinde yer almaktadır (Açıl ve Köylü, 1971). İşletmecilik faaliyetlerinin homojen şekilde değerlendirilebilmesi için tüm toprak sahiplikleri hesaplamalara dâhil edilmiştir. Bu nedenle işletmelerin mülk arazi değerlerine kiraya ve/veya ortaklığa tutulan arazi değerleri de eklenmiştir (Ünlüer, 2017).

Arazi Islah Sermayesi: işletmelerin toprak verimliliğini arttırmak ve mevcut yapısal özelliklerini korumak amacıyla gerçekleştirilen sulama faaliyetlerini ve drenaj tesisatı gibi yapım işlerini içeren değerlerden oluşmaktadır (Bülbül, 1973; Erkuş ve ark., 1995). Arazi ıslahına konu olan yeni tesisatlar için piyasa fiyatları üzerinden hesaplama yapılırken, eski tesisatlar için kullanım kayıpları ve yeniden kurulum maliyetleri üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilmiştir (Erkuş, 1979).

Bina Sermayesi: tarımsal üretim süreçlerine yönelik dolaylı katkılarda bulunmaktadır. Üretimde doğrudan kullanımı olmasa bile bina sermayesi; işletme içi işgücünün, işletmede üretilen ürünlerin, işletmedeki sermaye

unsurlarının korunmasına imkân sağlamaktadır (Bülbül, 1973). Bina sermayesinin hesaplanmasında inşaat maliyetleri ve yıpranma payları üreticilerin beyanları esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Sabit İşletme Sermayesi: alet makine sermayesi ve hayvan sermayesinin toplamından oluşmaktadır. Anket yapılan tarım işletmelerinin tamamının bitkisel üretim faaliyetinde bulunması nedeniyle sabit işletme sermayesi içerisinde hayvan sermayesi hesaplanamamıştır. Bu nedenle incelenen işletmelerde sabit işletme sermayesi alet makine sermayesi ile eşittir.

Alet Makine Sermayesi: işletmelerdeki teknoloji kullanımına bağlı olarak aktif sermaye içerisindeki oranı değişen sermaye unsurudur. Tarımsal üretimin farklı aşamalarında işgücünü ikame eden teknoloji kullanımı, işletmelerin verimlilik düzeylerini doğrudan etkilemektedir (Güneş, 2004). Değer hesaplanırken yeni alet makinelerin güncel piyasa fiyatları, eski alet makinelerin de ilgili zamandaki piyasa fiyatları dikkate alınmıştır.

Malzeme ve Mühimmat Sermayesi: üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine yönelik işletmenin ambarında bulunan girdilerin ve satılmak üzere ayrılan ya da stok edilen ürünlerin tamamını kapsamaktadır. Üretim faaliyetlerinde kullanılan girdilerin güncel piyasa fiyatları, işletmede üretilerek satılmak üzere ya da işletmede yeniden kullanılmak üzere stoklanan ürünlerin çiftlik avlusu fiyatları üzerinden malzeme ve mühimmat sermaye değeri hesaplanmıştır (Erkuş, 1979).

Para Sermayesi: aktif sermaye içerisinde likidite oranı en yüksek olan ve işletmecinin istediği zaman, işletmedeki girdi ihtiyaçlarına bağlı olarak kolaylıkla diğer sermaye türlerine dönüşümünü sağlayabileceği sermaye bileşenidir (Bülbül, 1973; Erkuş, 1979). Para sermayesi; işletme büyüklüğüne, üretim desenine, işletmenin organizasyon yapısına (Ünlüer, 2017), işletmecinin yöneticilik becerilerine, iklimsel ve coğrafi koşulların özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Para sermayesi; işletme kasasında bulunan nakit para ve alacaklar karşılığında, borçların çıkarılması ile elde edilmiştir.

Toplam İşletme Sermayesi: bir üretim dönemi içerisinde işletme sahiplerinin gayrisafî hâsılayı elde etmek için yaptıkları tüm masrafların (değişen ve sabit masraflar) toplamıdır. Aktif sermayenin faizi toplam işletme sermayesine dâhil edilmez (Erkuş, 1979).

Toplam Aktif Sermaye: tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan bütün sermaye unsurlarının toplamını ifade etmektedir (İnan, 1994). Arazi sermayesi, sabit işletme sermayesi ve döner işletme sermayesinin toplamı toplam aktif sermayeye eşittir.

Çalışma kapsamında işgücü çeşitlerinin sınıflandırılmasında Bayramoğlu ve Bozdemir (2020) tarafından hazırlanan “Tarım Sektöründe İşgücü Terminolojisinin Tanımlanması” çalışmasından yararlanılmıştır. Tarım işletmelerinde sınıflandırılan işgücü başına düşen sermaye dağılımının hesaplanabilmesi için her bir sermaye unsuru Erkek İşgücü Birimi (EİB)’ne bölünmüştür. İşletmedeki nüfusun işgücüne katılımını belirlemek için kullanılan “Erkek İşgücü Birimi” katsayıları *Tablo 2’de* verilmiştir.

Tablo 2. Erkek işgücü birimi (EİB) hesaplamada kullanılan katsayılar

Table 2. Coefficients used in calculating male labor unit (MLU)

Yaş / Cinsiyet	Kadın	Erkek
0-6	-	-
7-14	0.50	0.50
15-49	0.75	1
50-+	0.50	0.75

(Açık ve Demirci, 1984)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tarım işletmelerinde üretime katılan kişiler; sermayenin ve doğal kaynakların etkin kullanımında önemli role sahiptirler. Üretimde yer alan kişilerin yetenekleri ve yeterlilikleri sahip olunan beşerî sermaye düzeyini ifade etmektedir. İşletmelerin sahip oldukları beşerî sermaye düzeyi; eğitim ve sağlık bileşenleri ile ölçülmektedir (Bozdemir ve Bayramoğlu, 2020). Eğitim düzeyi; teknik bilginin ve teknolojinin kullanımı, işe yönelik uzmanlaşma, gıda güvenliği, kayıpların ve atıkların azaltılması, iklim değişikliği, üretime yönelik su kullanımı gibi konularda

farkındalığın artırılması ve işletmede sahip olunan kaynakların etkin kullanımını açısından önemlidir. Bu sebeplerle tarım işletmelerinde istihdam edilen işgücünün nitelikleri işletme sermayesinin etkin ve verimli kullanımını sağlayacaktır. İşgücünün niteliklerinin belirlenmesine ve geliştirilmesine katkı sağlayacak en önemli faktör; işletmelerde istihdam edilen kişilerin eğitim düzeyi, üretime yönelik teknik bilgileri ve teknoloji kullanımlarıdır.

Çalışma kapsamında incelenen işletmelere ait yaş grupları ve eğitim durumu *Tablo 3*'te verilmiştir. Hem işletme içi hem de işletme dışı işgücü varlığının ilkökul düzeyindeki eğitim kategorisinde yoğunlaştığı görülmektedir. Tarımda istihdam edilen kişilerin eğitim düzeyinin artmasının; katma değerli üretim gerçekleştirmeye ve teknolojiyi verimli kullanmaya katkı sağladığı bilinmektedir (Kılıç ve Kıymaz, 2014). İşletme içi işgücü varlığı incelendiğinde; lise ve üniversite düzeyinde eğitim almış ve tarımsal üretim faaliyetlerinde yer alan kişilerin de tarımsal üretim süreçlerine katıldıkları görülmektedir. Eğitim düzeyi yüksek olan (lise ve üniversite) nüfusun %11.85'i tarımsal faaliyetlere ek olarak tarım dışı faaliyetlerden de gelir elde etmektedirler. Bu işletmeciler tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için mekik göç yapmaktadırlar. Ayrıca eğitim düzeyi yüksek nüfusun %88.15'i bir üretim dönemi içerisinde üç farklı üretim faaliyeti gerçekleştirerek, sahip olunan kaynakları en etkin biçimde kullanmaya çalışmaktadırlar.

Tablo 3. İncelenen tarım işletmelerindeki işgücünün eğitim durumu

Table 3. Educational status of the labor in the surveyed agricultural enterprises

İşgücü Varlığı	Eğitim Durumu	7-14 Yaş			15-49 Yaş			50+ Yaş			İşletmeler Ortalaması		
		Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
İşletme İçi İşgücü	Okuryazar Değil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03
	İlkokul	0.80	1.40	2.20	1.03	1.00	2.03	0.87	1.04	1.91	0.92	1.05	1.97
	Ortaokul	0.40	0.00	0.40	0.17	0.34	0.52	0.40	0.31	0.71	0.32	0.30	0.62
	Lise	0.40	1.00	1.40	0.45	0.34	0.79	0.80	0.44	1.24	0.65	0.44	1.09
	Üniversite	0.60	0.00	0.60	0.28	0.21	0.48	0.31	0.40	0.71	0.32	0.30	0.62
Mevsimlik İşgücü	Okuryazar Değil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.35
	İlkokul	3.60	5.60	9.20	5.66	5.17	10.83	6.91	8.56	15.47	6.24	7.13	13.37
	Ortaokul	2.00	0.00	2.00	2.03	1.79	3.83	3.62	1.73	5.36	2.94	1.65	4.58
	Lise	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.16	0.36	0.11	0.09	0.20
	Üniversite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Daimî İşgücü	Okuryazar Değil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İlkokul	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.31	0.09	0.40	0.22	0.05	0.27
	Ortaokul	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.20	0.00	0.20
	Lise	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00	0.04
	Üniversite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03
Toplam İşgücü	Okuryazar Değil	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.37	0.38
	İlkokul	4.40	7.00	11.40	6.79	6.17	12.97	8.09	9.69	17.78	7.38	8.23	15.61
	Ortaokul	2.60	0.00	2.60	2.21	2.14	4.34	4.36	2.04	6.40	3.46	1.95	5.41
	Lise	0.40	1.00	1.40	0.48	0.34	0.83	1.04	0.60	1.64	0.80	0.53	1.33
	Üniversite	0.60	0.00	0.60	0.28	0.21	0.48	0.36	0.40	0.76	0.34	0.30	0.65

Çalışma kapsamında incelenen işletmelerin sermaye yapıları ve sermayenin oransal dağılımı *Tablo 4*'te, erkek işgücü biriminin (EİB) dağılımı ise *Tablo 5*'te incelenmiştir. Toplam sermayenin dağılımından en yüksek payı alan sermaye unsuru toprak sermayesidir. Küçük ölçekli işletmeler (10-40 da) kategorisinde toprak sermayesinin payı %54.11, orta ölçekli işletmelerde %67.64 ve büyük ölçekli işletmelerde %70.29'dur. Toprak sermayesinin oranı arttıkça kullanılan alet-makine sermayesinin verimliliği ve etkinliği de artmaktadır. Tarım işletmelerinde alet-makine

altyapısının güçlenmesi gelirin artırılması ve sosyal standartların iyileştirilmesini sağlarken; tarımsal faaliyetler için geliştirilen yeni teknolojilerin işletmeciler tarafından kullanımının yaygınlaştırarak daha kaliteli ve pazar isteklerine uygun üretim yapılmasına, emek yoğun çalışma koşulları içerisinde işlerin kolaylaştırılmasına, üretim maliyetlerinin azaltılarak uluslararası düzeyde rekabet gücünün artırılmasına da doğrudan katkıda bulunur (Anonim, 2010; Baran ve Akbayrak, 2013; Doğan Öz ve Saner, 2021).

Toprak sermayesi gibi para sermayesi de işletmenin ölçeğine göre değişen özellikler göstermektedir. Küçük ölçekli işletmelerde para sermayesinin oranı (%0.56) en düşük sermaye unsurunu oluşturmaktadır. Para sermayesinin düşük olması yani işletmelerin likiditesinin kısıtlı olması, işletmecinin etkin karar almasını engellemektedir. Para sermayesinin yetersiz olması; gerçekleştirilmesi planlanan yeni yatırımların ve işletmeye yönelik modernizasyon projelerinin gecikmesine veya uygulanamamasına neden olacaktır. Aynı zamanda iş kalitesini artırmaya yönelik insan kaynaklarına yapılacak yatırımlar para sermayesinin yetersiz olması nedeniyle gerçekleştirilemeyecek; bu süreçte işe yönelik motivasyon kayıpları oluşacaktır. İşe yönelik motivasyon kayıpları da hem işletme içi hem işletme dışı işgücünün sürdürülebilir istihdamını olumsuz etkileyecektir. Tarım işletmelerinde para sermayesinin yetersiz olması hızlı ve etkin kararların alınmasını engellediği gibi diğer sermaye unsurlarının da atıl kalmasına neden olacaktır. Bu durum etkin ve verimli çalışmayı zorlaştırarak tarım işletmelerinde gizli ve yapısal işsizlik problemlerini meydana getirecektir. Söz konusu mevcut problemler tarımsal istihdama yönelik sorunların artmasına neden olacaktır. Kırsal alanda istihdama yönelik yaşanan sorunlar kentsel alanlara yönelen işgücü hareketliliğinin bir sonucu olarak diğer sektörleri de etkileyecektir. Mikroekonomik düzeyde var olan problemler ülke ekonomisine yönelik negatif etkiler meydana getirecek ve uluslararası düzeyde rekabet gücünü olumsuz etkileyecektir.

Tablo 4. İncelenen tarım işletmelerinde sermayenin dağılımı

Table 4. Distribution of capital in the examined agricultural enterprises

Sermaye Grupları		İşletme Grupları (da)						İşletmeler Ortalaması (İO)	
		10-40		41-130		131+		TL	%
		TL	%	TL	%	TL	%		
Arazi Sermayesi	Toprak Sermayesi	289.000,0	54.11	893.655,2	67.64	2.197.088,9	70.29	1.597.848,1	77.36
	Arazi İslah Sermayesi	15.600,0	2.92	55.724,1	4.22	53.066,7	1.70	51.670,9	2.50
	Bina Sermayesi	95.000,0	17.79	98.551,7	7.46	134.844,4	4.31	119.000,0	5.76
	Toplam	399.600,0	74.82	1.047.931,0	79.31	2.385.000,0	76.30	1.768.519,0	85.62
Sabit İşletme Sermayesi	Alet Makine sermayesi	128.600,0	24.08	253.172,4	19.16	672.955,6	21.53	484.405,1	23.45
	Toplam	128.600,0	24.08	253.172,4	19.16	672.955,6	21.53	484.405,1	23.45
Döner İşletme Sermayesi	Malzeme ve Mühimmat Sermayesi	2.860,0	0.54	4.270,3	0.32	4.981,5	0.16	4.586,2	0.22
	Para Sermayesi	3.000,0	0.56	15.862,1	1.20	62.888,9	2.01	41.835,4	2.03
	Toplam	5.860,0	1.10	20.132,4	1.52	67.870,4	2.17	46.421,6	2.25
Toplam İşletme Sermayesi		134.460,0	25.18	273.304,8	20.69	740.825,9	23.70	474.888,6	22.99
Toplam Aktif Sermaye		534.060,0	100.00	1.321.235,9	100.00	3.125.825,9	100.00	2.065.509,4	100.00

İncelenen tarım işletmelerinde EİB değerlerine göre işletme içi işgücüne katılım dışında mevsimlik işgücünün üretimde etkin rol aldığı görülmektedir. Mevsimlik işgücünün 15-49 yaş grubunda yoğunlaşması tarımda çalışan genç nüfus sayısının artması ve üretimde etkinliğin artırılması açısından önem arz etmektedir. Genç nüfusun tarımsal faaliyetlere katılımının sağlanması uzun vadede işletmelerin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Ayrıca tarımsal üretime yönelik verilecek eğitimlere, düzenlenecek faaliyetlere ve planlanacak projelere genç nüfusun dâhil edilmesi; kırsal alanda işe yönelik yetenekler ve yeterliliklerin geliştirilmesi açısından daha etkili olacaktır. İncelenen işletmelerin bitkisel üretimde uzmanlaşmış olması nedeniyle işletmeler özellikle bakım ve hasat dönemleri içerisinde yoğun mevsimlik işgücü istihdamı gerçekleştirmektedirler. Bitkisel üretim işletmelerinde yıl içerisinde üretimin kesintiye uğraması nedeniyle özellikle küçük ölçekli işletmelerde daimî işgücü istihdamına ihtiyaç duyulmamaktadır.

Çalışma kapsamında belirlenen daimî işgücü; büyük ölçekli veya bir üretim yılı içerisinde farklı dönemlerde üretim faaliyetleri gerçekleştiren, seracılık faaliyetlerinde bulunan işletmelerde istihdam edilmektedir.

Tablo 5. İncelenen tarım işletmelerinde EİB'nin dağılımı

Table 5. Distribution of MLU in the examined agricultural enterprises

İşgücü Çeşidi	İşletme Genişliği (da) Yaş Grupları / Cinsiyet	10-40			41-130			131+			İşletmeler Ortalaması (İÖ)		
		Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
İşletme İçi İşgücü	7-14	-	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-	0,00	0,01	0,01
	15-49	1,20	0,30	1,50	1,14	0,44	1,58	1,31	0,32	1,63	1,24	0,36	1,60
	50+	0,30	0,20	0,50	0,28	0,05	0,34	0,40	0,08	0,48	0,35	0,08	0,43
	Toplam	1,50	0,50	2,00	1,42	0,51	1,93	1,71	0,39	2,11	1,59	0,44	2,03
Daimî İşgücü	7-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-49	0,20	-	0,20	0,14	-	0,14	0,69	0,07	0,76	0,46	0,04	0,49
	50+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam	0,20	0,00	0,20	0,14	0,00	0,14	0,69	0,07	0,76	0,46	0,04	0,49
Mevsimlik İşgücü	7-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-49	5,60	4,20	9,80	7,69	5,95	13,64	10,62	7,83	18,46	9,23	6,91	16,14
	50+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Toplam	5,60	4,20	9,80	7,69	5,95	13,64	10,62	7,83	18,46	9,23	6,91	16,14

Çalışma kapsamında elde edilen sermaye değerlerinin EİB'ye bölünmesi sonucunda; sermaye çeşitlerinin işgücü varlığına dağılımı belirlenmiş, hesaplanan değerler *Tablo 6*'da incelenmiştir. Sermaye çeşitlerinin işgücü varlığına dağılımı aynı zamanda çıktı/girdi ilişkisinin bir sonucu olarak işgücü verimliliğinin değerlendirilmesine de imkân sağlamıştır. İncelenen işletmelerde istihdam edilen daimî işgücü varlığının düşük olması nedeniyle sermaye değerleri yüksek çıkmıştır. Bu nedenle işgücünün işletmelerdeki etkinliğinin değerlendirilmesinde; işletme içi işgücünün ve mevsimlik işgücünün üretime katılımları işletme faaliyetlerine yönelik daha net bilgiler elde edilmesini sağlayacaktır. İşgücü çeşitlerinin toprak sermayesine dağılımı incelendiğinde; küçük ölçekli tarımsal üretim yapan işletmelerde mevsimlik işgücü başına 29.489,8 TL değerinde sermaye düştüğü görülmektedir. Bu değer orta ölçekli işletmelerde; 65.527,2 TL ve büyük ölçekli işletmelerde 119.047,6 TL'dir. Küçük ölçekli işletmelerde ortalama arazi genişliğinin 23.80 da olması ve aile işgücünün üretime etkin katılımı nedeniyle, kişi başına düşen sermaye değeri düşüktür. Ayrıca küçük ölçekli işletmelerde; alet-makine sermayesine yapılan yatırımlar düşük olduğu için emek yoğun üretim süreci söz konusudur. Teknoloji kullanımının ve arazi genişliğinin arttığı büyük ölçekli işletmelerde işgücü başına düşen toprak sermayesinin (119.047,6 TL) ve alet-makine sermayesinin (36.463,6 TL) değerinin arttığı görülmektedir.

İşgücü çeşitlerine göre kişi başına düşen para sermayesinin değeri incelendiğinde; küçük ölçekli işletmelerde işletme içi işgücünün 1.500,0 TL ve mevsimlik işgücünün 306,1 TL olduğu görülmektedir. Orta ölçekli işletmelerde; işletme içi işgücüne 8.214,3 TL ve mevsimlik işgücüne 1.163,1 TL ile büyük ölçekli işletmelerde işletme içi işgücüne 29.868,1 TL ve mevsimlik işgücüne 3.407,6 TL değerinde para sermayesi ayrılmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO)'nun 2014 yılında yayınlanan raporuna göre küçük ölçekli işletmeler (aile çiftliklerinin) dünyadaki 10 çiftlikten 9'unu oluşturmaktadır. Bu değere göre toplam 570 milyon olan küçük ölçekli işletmeler; toplam gıda üretiminin yaklaşık %80.00'ini karşılamaktadır. Güncellenmiş verilere göre dünyada 608 milyondan fazla küçük ölçekli tarım işletmesinin olduğu, toplam tarım arazilerinin %75.00'inde üretim yapıldığı ve gıdanın yaklaşık %80.00'inin üretildiği tahmin edilmektedir (Anonim, 2021a). Tarımsal işletmelerin yapılarının belirlenmesine yönelik 2018 yılında yapılan araştırmaya göre toplam tarım işletmelerinin %5.30'u yalnızca büyükbaş-küçükbaş hayvancılık faaliyetlerinde bulunmakta, toplam tarım işletmelerinin %80.70'i 100 da'dan küçük işletme büyüklük gruplarında yer almaktadır (Anonim, 2021b). Küçük ölçekli işletmelerinin sayıları ve üretim potansiyelleri incelendiğinde sürdürülebilir tarımsal üretimde etkin rol aldıkları

görülmektedir. Küçük ölçekli işletmelerin yoğunlaştığı Türkiye tarım sektöründe para sermayesi; iş süreçlerinin ve işe yönelik yatırımların gerçekleştirilmesi için önemli bir kaynak olup hem işveren hem de işçiler tarafından iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Para sermayesinin küçük ölçekli işletmelerde yönetilebilmesi işletmelerin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve kırsal istihdamın korunması açısından önemlidir.

Türkiye’de istikrarlı büyümenin ve yatırım olanaklarının kısıtlanması, nüfusun büyümesi, iç ve dış göçlerin istihdam piyasalarına etkisi, teknoloji kullanımına bağlı olarak verimliliğin artması, yapısal katılıkların görülmesi gibi nedenlerle ekonomik büyümeye paralel olarak istihdam yaratma kapasitesi zayıflamıştır (Kara ve Duruel, 2010). Yeni yatırımların gerçekleştirilmesi açısından para sermayesi değerlendirildiğinde kırsal alanda yeni istihdam alanlarının yaratılması açısından fırsatlar ortaya çıkacaktır. Küçük ölçekli işletmelerde işgücü başına düşen yatırım maliyeti daha az olduğundan bu işletmelerin desteklenmesi ve korunması gerekmektedir. Desteklemeler işçi ve işverene doğrudan ücret iadesi olarak verilebileceği gibi sosyal güvenlik primi olarak da ödeme yapılabilir (Betcherman ve ark., 2010). Fakat sosyal güvenlik prim desteği işveren ve işçinin kayıt altına alınmasına imkân sağlayacağı için tarım sektörü açısından daha avantajlıdır.

Tablo 6. İncelenen tarım işletmelerinde sermaye çeşitlerinin işgücü varlığına dağılımı (TL/EİB)

Table 6. Distribution of capital types to labor in the examined agricultural enterprises (TL/MLU)

İşletme Genişliği (da)	İşgücü Başına (TL/EİB)	Arazi Sermayesi				Sabit İşletme Sermayesi		Döner İşletme Sermayesi			Toplam İşletme Sermayesi	Toplam Aktif Sermaye
		Toprak Sermayesi	Arazi İstih Sermayesi	Bina Sermayesi	Toplam	Alet Makine Sermayesi	Toplam	Malzeme ve Mühimmat Sermayesi	Para Sermayesi	Toplam		
10-40	İşletme İçi İşgücü	144.500,0	7.800,0	47.500,0	199.800,0	64.300,0	64.300,0	1.430,0	1.500,0	2.930,0	67.230,0	267.030,0
	Daimi İşgücü	1.445.000,0	78.000,0	475.000,0	1.998.000,0	643.000,0	643.000,0	14.300,0	15.000,0	29.300,0	672.300,0	2.670.300,0
	İşletme Dışı İşgücü	29.489,8	1.591,8	9.693,9	40.775,5	13.122,5	13.122,5	291,8	306,1	598,0	13.720,4	54.495,9
	Toplam İşletme Dışı	28.900,0	1.560,0	9.500,0	39.960,0	12.860,0	12.860,0	286,0	300,0	586,0	13.446,0	53.406,0
	Toplam İşgücü	24.083,3	1.300,0	7.916,7	33.300,0	10.716,7	10.716,7	238,3	250,0	488,3	11.205,0	44.505,0
41-130	İşletme İçi İşgücü	462.785,7	28.857,1	51.035,7	542.678,6	131.107,1	131.107,1	2.211,4	8.214,3	10.425,7	141.532,9	684.211,4
	Daimi İşgücü	6.479.000,0	404.000,0	714.500,0	7.597.500,0	1.835.500,0	1.835.500,0	30.960,0	115.000,0	145.960,0	1.981.460,0	9.578.960,0
	İşletme Dışı İşgücü	65.527,2	4.086,0	7.226,3	76.839,4	18.563,8	18.563,8	313,1	1.163,1	1.476,2	20.040,1	96.879,5
	Toplam İşletme Dışı	64.871,1	4.045,1	7.153,9	76.070,1	18.378,0	18.378,0	310,0	1.151,4	1.461,4	19.839,4	95.909,5
	Toplam İşgücü	56.895,7	3.547,8	6.274,4	66.717,9	16.118,6	16.118,6	271,9	1.009,9	1.281,8	17.400,3	84.118,2
131+	İşletme İçi İşgücü	1.043.472,3	25.203,2	64.042,2	1.132.717,7	319.609,5	319.609,5	2.365,9	29.868,1	32.234,0	351.843,5	1.484.561,1
	Daimi İşgücü	2.907.911,8	70.235,3	178.470,6	3.156.617,7	890.676,5	890.676,5	6.593,2	83.235,3	89.828,5	980.504,9	4.137.122,6
	İşletme Dışı İşgücü	119.047,6	2.875,4	7.306,4	129.229,4	36.463,6	36.463,6	269,9	3.407,6	3.677,5	40.141,1	169.370,5
	Toplam İşletme Dışı	114.365,5	2.762,3	7.019,1	124.146,9	35.029,5	35.029,5	259,3	3.273,6	3.532,9	38.562,4	162.709,3
	Toplam İşgücü	103.069,1	2.489,4	6.325,8	111.884,3	31.569,5	31.569,5	233,7	2.950,2	3.183,9	34.753,4	146.637,7
İşletmeler Ortalaması	İşletme İçi İşgücü	773.411,9	25.443,0	58.220,7	887.075,6	234.253,6	234.253,6	2.250,0	20.123,8	22.373,7	256.627,3	1.113.702,9
	Daimi İşgücü	4.126.228,2	193.248,0	394.008,6	4.713.484,7	1.221.834,7	1.221.834,7	16.025,7	90.577,1	106.602,8	1.328.437,5	6.041.922,2
	İşletme Dışı İşgücü	93.732,6	3.238,5	7.428,1	104.399,3	28.415,5	28.415,5	287,2	2.387,4	2.674,5	31.090,0	135.489,3
	Toplam İşletme Dışı	90.787,5	3.157,1	7.225,6	101.170,2	27.513,8	27.513,8	279,6	2.306,4	2.586,0	30.099,7	131.269,9
	Toplam İşgücü	81.120,3	2.802,7	6.407,6	90.330,5	24.577,8	24.577,8	248,0	2.067,0	2.315,1	26.892,9	117.223,4

4. Sonuç

Kişi başına yüksek gelir elde eden tarım işletmeleri alet-makine sermayesini ve toprak sermayesini verimli kullanan işletmelerdir. Tarım işletmelerinde kullanılan teknolojinin etkinliğinin artırılması ve bu alanda verimli çalışacak işgücünün tahsis edilmesi üretim kapasitesinin artmasına ve sektörün rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlayacaktır. Fakat tarım sektöründe teknoloji kullanımının yaygınlaşması aynı zamanda istihdam kayıplarına da neden olacaktır. İşgücü kayıplarının minimize edilmesi ve kırsal nüfusun tarımsal istihdam alanlarında tutundurulması için para sermayesinin işletmeciler tarafından iyi yönetilmesi ve yeni istihdam alanlarının oluşturulmasına katkı sağlayacak şekilde yatırımlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Para sermayesinin etkin değerlendirilebilmesi için istihdam yapısına yönelik ihtiyaç analizlerinin yapılması ve girişimcilik ekosistemini destekleyecek bir uygulamanın kırsal alanlarda kurulması gerekmektedir.

Kırsal alanda istihdam olanaklarının sağlanabilmesi için para sermayesi tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda; işgücünün mesleki olarak sınıflandırılmasına verimliliğinin artırılmasına, kayıtdışı istihdamın minimize edilmesine, tarımsal ihracatın geliştirilmesine, yabancı sermaye yatırımlarının tarım sektörüne yönlendirilmesine, kırsal alanda sosyal refahın artırılmasına da ihtiyaç duyulmaktadır. İşgücünün örgütlü faaliyetlerinin artırılarak; özlük haklarının korunması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Çalışma koşulları düzenlenirken çalışma saatleri de göz

önünde bulundurulmalıdır. Çünkü çalışma saatlerinin fazla olduğu işgücü piyasalarında yeni istihdam yaratma potansiyeli düşüktür. Dolayısıyla tarımsal üretim faaliyetlerine katılmak istemeyen işgücü yeni çalışma alanı arayışlarına girerek, kentsel alanlara göç etme eğilimini arttıracaklardır. Meydana gelen göç olgusu kırsaldaki işgücünün diğer sektörlere vasıfsız işgücü olarak katılmasına, sosyo-ekonomik refahın bozulmasına, çarpık kentleşme sorunlarının oluşmasına, yapısal işsizliğin artmasına neden olacaktır.

Para sermayesinin değerlendirilmesi ve yeni yatırımlar açısından kırsal alanlar avantajlı bölgelerdir. Diğer sektörlere kıyasla tarım sektöründe alet-makine kullanımına bağlı olarak verimlilik daha düşüktür ve katma değerli üretime yönelik yapılacak yatırımlar kısıtlıdır. Emek yoğun üretim süreçlerini içerisinde bulunduran tarımsal faaliyetlere yönelik gerçekleştirilecek yatırımların maliyetleri daha düşük olacaktır. Bir kişi için istihdam yaratma maliyeti 2021 yılı içerisinde ortalama 418.595,0 TL olarak belirlenmiştir. Tarım sektöründe istihdam yaratma maliyeti 83.056,0 TL olup ortalama yatırım maliyetinin altında bir değere sahiptir. Bu durum tarım sektörüne yapılan yatırımların maliyet avantajı sağlarken aynı zamanda daha çok kişinin istihdamına katkıda bulunulacağının bir göstergesidir. Yapılan yatırımlar aynı zamanda kırsal alanda gizli işsizlik problemlerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Benzer şekilde yeni yatırım alanlarında istihdam edilmek üzere kişilere eğitimlerin verilmesi ve işe yönelik uzmanlaşmanın sağlanması ile yapısal işsizlikten kaynaklanan problemlerin de çözümüne katkıda bulunulacaktır. Kırsal alanda gerçekleştirilen yatırımlarda daimi ve mevsimlik işgücünün çalışma alanlarının değerlendirilmesi ve yatırımların çeşitlendirilmesi önemlidir. Hayvancılık işlerinde daha çok daimi işgücünün istihdam edilmesi nedeniyle; belirli bir bilgi düzeyi, deneyim ve yeterliliğe sahip olan işgücünün benzer alanlarda istihdam edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, tarım işletmelerindeki sermaye yapısının işgücü etkinliğine önemli katkılarının olduğu belirlenmiş olup, tarım işletmeleri için yapılacak yeni yatırımların bu etkinliğin artırılmasında katkı sağlayacağı bilinmektedir. Tarım işletmelerinde yeni yatırımların yapılabilmesine yönelik gerekli planlama ve desteklenmelerin sağlanması, sektörel işbirliklerinin artırılması gerekmektedir. Bununla birlikte, tarımsal istihdamda çalışma koşulları, örgütlenme, meslek tanımlaması gibi konularda yapılacak iyileştirmelerin tarım işletmelerindeki sermaye etkinliğinin artırılmasında katkı sağlayacağı açıktır.

Kaynakça

- Açıl, A.F., Demirci, R. (1984). Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 880, Ders Kitabı: 245, Ankara.
- Açıl, A.F., Köylü, K. (1971). Zirai Ekonomi ve İşletmecilik Dersleri. Ders Notları No: 465, Ankara.
- Alagöz, A. (1993). Sanayi işletmelerinde çalışma sermayesi yönetimi ve bir uygulama. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Anonim (2010). 18.03.2010 Tarih 27525 Sayılı Resmi Gazete. Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Tebliği, (Erişim Tarihi: 20.10.2021).
- Anonim (2021a). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/news/story/en/item/1395127/icode/>, (Erişim Tarihi: 20.10.2021).
- Anonim (2021b). <https://www.istib.org.tr/resim/siteici/files/Tar%C4%B1msal%20C4%B0%C5%9Fletme%20Yap%C4%B1%20Ara%C5%9Ft%C4%B1rmas%C4%B1%202016.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.10.2021).
- Baran, M.F., Akbayrak, B. (2013). Tarım makineleri hibe programının Kırklareli ilinin mekanizasyon gelişimine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (2): 53-57.
- Bayramoğlu, Z., Bozdemir, M. (2020). Tarım sektöründe işgücü terminolojisinin tanımlanması. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(3): 773-783.
- Betcherman, G., Daysal, N.M., Pages, C. (2010). Do employment subsidies work? evidence from regionally targeted subsidies in Turkey. *Labour Economics*, 17(4): 710-722.
- Bozdemir, M., Bayramoğlu, Z. (2020). Beşeri Sermaye Endeksi Teknik Etkinliğinin İncelenmesi: OECD Ülkeleri Örneği. *OECD Studies Conference On Political Sciences & Economy*, 20-22 Mart, 42-53. Ankara, Türkiye.
- Bülbül, M. (1973). Adana Ovası Tarım İşletmelerinin Ekonomik Yapısı, Finansman ve Kredi Sorunları. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Doğan Öz, B., Saner, G. (2021). Kiraz üretimi yapan işletmelerin makine ve ekipman alımlarının desteklenmesi programından (MEADP) yararlanma eğiliminin belirlenmesi: İzmir-Kemalpaşa ilçesi örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 1-9.
- Erkuş, A. (1979). Ankara İli Yenimahalle İlçesinde Kontrollü Kredi Uygulaması Yapılan Tarım İşletmelerinin Planlanması Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 709, Ankara.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kıral, T., Açıl, A.F., Demirci, R. (1995). Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:5, Ankara.
- Günden, C., Miran, B. (2008). Çiftçilerin temel işletmecilik kararlarının öncelik ve destek alma açısından analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 67-80.
- Güneş, E. (2004). Tarım İşletmelerinde Kredi Taleplerinin Doğrusal Programlama Yöntemiyle Belirlenmesi "Kırşehir İli Merkez İlçesi Tarım İşletmeleri Araştırması". Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- İnan, İ.H. (1994). Tarım Ekonomisi. Hasat Yayıncılık, Tekirdağ.
- Kara, M., Duruel, M. (2010). Türkiye’de ekonomik büyümenin istihdam yaratamama sorunu. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 50: 367-396.
- Kılıç, Y., Kıymaz, T. (2014). Tarımda eğitim ve işgücü verimliliği ilişkisi: bölgesel farklılıklar. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 20(1): 53-64.
- Tosun F., Güneş, E. (2018). Ankara ili tarım işletmelerinin sermaye yapısı ve tarımsal kredilerin geri ödenmesinde etkili faktörlerin analizi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 4(2): 17-24.
- Ünlüer, M. (2017). Eskişehir ili tarım işletmelerinin sermaye yapısının incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(1): 57-63.
- Yamane. T. (1967). Statistics: An Introductory Analysis. Harper and Row, New York.


Assessment of Meteorological and Agricultural Drought Analysis in Kırklareli province Kırklareli İli Meteorolojik ve Tarımsal Kuraklık Analizlerinin Değerlendirilmesi


Fatih BAKANOĞULLARI^{1*}, Erdem BAHAR², Cantekin KIVRAK³, Mehmet GÜR⁴


Abstract


The Global warming in the world cause to the climate change in this century. Agriculture is one of the sectors that can be most affected by climate change. Agricultural production is affected by precipitation and temperature variables. Due to the changes in these two parameters, the increase in the temperatures and the changes in the amount of precipitation in parallel with this disrupt the ecological balance and bring along the problems of desertification and drought. Agricultural production is highly dependent on meteorological factors in Thrace region. For this reason, it is expected that changes in climatic factors will affect the agriculture of the region positively or negatively. The aim of this study is to determine the frequency and severity of meteorological and agricultural drought with two indexes between 1963-2019 years in Kırklareli province. Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) was used to determine monthly, seasonal, six monthly and annual agricultural drought. According to annual agricultural drought results, it was calculated ten years mild arid (1969, 1985, 1986, 1990, 1991, 1992, 1993, 2011, 2016, and 2019), five years moderate arid (1983, 1989, 1996, 2008, and 2015), one year severe arid (1994), and two years extreme arid (2000 and 2001). Another drought index which is Standardized Precipitation Index (SPI) was used to determine meteorological drought. According to annual meteorological drought results, Eight years mild arid (1964, 1969, 1982, 1985, 1986, 1990, 1991, and 2011), seven years moderate arid (1983, 1989, 1992, 1993, 1994, 1996, and 2008), and two years extreme arid (2000, 2001) was figured out. According to linear correlation analysis, a good correlation was obtained for SPI and SPEI values, between annual, six monthly (Spring-Summer), and three monthly only winter and spring periods ($R^2=0.871$, $R^2=0.901$, $R^2=0.974$, and $R^2=0.919$), respectively. In the 57-year observation period; 18 years were determined as the arid year with SPEI index and 67% of these total arid years (12 arid years) occurred and 17 years were determined as the arid year with SPI index and 76% of these total arid years (13 arid years) occurred, between 1982 and 2002 years. The SPEI drought index which use precipitation, temperature and evapotranspiration data could give much good results to policy makers in drought mitigation policies in terms of giving results that are more accurate in agricultural production and drought assessments.

Keywords: Climate change, Drought indexes, Evapotranspiration, Precipitation, Thrace region

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatih Bakanoğulları, Metropolitan Municipality, Agricultural Services Department, Tekirdağ, Turkey. E-mail: fatih.bakanogullari@tekirdag.bel.tr  OrcID: 0000-0001-6329-5422

² Erdem Bahar, Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute-Kırklareli, Turkey E-mail: erdem.bahar@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-2579-5060.

³ Cantekin Kıvrak, Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute-Kırklareli, Turkey. E-mail: cantekin.kivrak@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-6221-2469.

⁴ Mehmet Gür, Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute-Kırklareli, Turkey. E-mail: mehmetgur@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0001-7752-1910

Atıf/Citation: Bakanoğulları F., Bahar E., Kıvrak C., Gür M., Assessment of meteorological and agricultural drought analysis in Kırklareli province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 756-768.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Dünyadaki küresel ısınma bu yüzyılda iklim değişikliğine neden olmaktadır. Tarım, iklim değişikliğinden en fazla etkilenebilecek sektörlerden biridir. Tarımsal üretim yağış ve sıcaklıktaki değişimlerden etkilenir. Bu iki parametredeki değişimler, sıcaklıkların artması ve buna paralel olarak yağış miktarındaki düzensizlikler ekolojik dengeyi bozmakta, çölleşme ve kuraklık sorunlarını beraberinde getirmektedir. Trakya bölgesinde tarımsal üretim büyük ölçüde meteorolojik faktörlere bağlıdır. Bu nedenle iklim faktörlerindeki değişikliklerin bölge tarımını olumlu veya olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı, Kırklareli ilinde 1963-2019 yılları arasında meteorolojik ve tarımsal kuraklığın sıklığını ve şiddetini iki indeks ile belirlemektir. Aylık, mevsimsel, altı aylık ve yıllık tarımsal kuraklığı belirlemek için Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanılmıştır. Yıllık tarımsal kuraklık sonuçlarına göre, on yıl hafif kurak (1969, 1985, 1986, 1990, 1991, 1992, 1993, 2011, 2016 ve 2019), beş yıl orta kurak (1983, 1989, 1996, 2008 ve 2015), bir yıl şiddetli kurak (1994) ve iki yıl aşırı kurak (2000 ve 2001) yıl olarak hesaplanmıştır. Meteorolojik kuraklığı belirlemek için bir diğer kuraklık indeksi olan Standardize Yağış İndeksi (SPI) kullanılmıştır. Yıllık meteorolojik kuraklık sonuçlarına göre, Sekiz yıl hafif kurak (1964, 1969, 1982, 1985, 1986, 1990, 1991 ve 2011), yedi yıl orta kurak (1983, 1989, 1992, 1993, 1994, 1996 ve 2008) ve iki yıl aşırı kurak (2000, 2001) yıl olarak hesaplanmıştır. Doğrusal korelasyon analizi sonuçlarına göre, SPI ve SPEI değerleri için yıllık, altı aylık (İlkbahar-Yaz) ve üç aylık sadece kış ve ilkbahar dönemleri arasında sırasıyla ($R^2=0.871$, $R^2=0.901$, $R^2=0.974$ ve $R^2=0.919$) iyi bir korelasyon elde edildi. 57 yıllık gözlem periyodunda SPEI yöntemi ile de 18, SPI yöntemi ile 17 yıl kurak yıl olarak belirlenmiştir. Bu toplam kurak yılların (SPEI 12 yıl) %67 (SPI 13 yıl) %76 gibi büyük bir bölümü 1982 ile 2002 yılları arası meydana gelmiştir. Tarımsal üretim açısından yağış, sıcaklık ve evapotranspirasyon verileri ile hesaplanan SPEI kuraklık indeksi tarımsal üretim ve kuraklık değerlendirmelerinde daha hassas sonuçlar verdiği için kuraklığın azaltılması politikalarında karar vericilere daha iyi değerlendirme imkânı verebilir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Kuraklık indeksleri, Evapotranspirasyon, Yağış, Trakya bölgesi

1. Introduction

Changes observed in the amount of precipitation and its distribution in the growing season from year to year cause significant changes in crop production and productivity in the Thrace Region. Even if the total precipitation is sufficient, the irregular distribution of precipitation may cause to decrease the performance of genotypes with high yield potential. Konukçu et al. (2020) stated that the yield during the development period of the modelled plant could be sensitive for the variation of meteorological factors. Calculations for the sensitivity analysis helped us understand how plants reacted to the meteorological changes in the research locations, and changes in temperature, precipitation and radiation were the most important variables that affected the plant's phenological stages. The insufficiency of available water resources and the observed and expected negative effects of global warming make it necessary to consider the resistance to drought of and effective water use ability as the main features in the selection of genotypes to be cultivated in the Thrace Region. The decrease and deterioration in quality and yield due to drought will adversely affect the economy of the region and the country. Decreasing the income to be obtained from the unit area in plant production will speed up the use of Thrace lands for non-agricultural purposes. Thus, the extent of the existing environmental problem will expand further. Drought is one of the most costly disasters in the world that affects a large number of people every year (Wilhite, 2000). At the same time, drought is cited as an environmental disaster. In some studies, it is mentioned that deficiencies in precipitation cause decreases in, the convenient water usage capacity (Wilhite, 2000; Koustroulis et al., 2011; Rossi, 2000). There are different definitions of drought based on precipitation, soil moisture or potential evapotranspiration (Türkeş, 2019; Heim, 2002; Svoboda et al., 2002; Wilhite, 1985).

In general, drought is defined as the periods when precipitation, groundwater or surface waters in a region are less than the expected amount (average). Drought is directly proportion with temperature increase and inversely proportion with precipitation increase (Çaldağ et al., 2004). Drought is the main abiotic stress factor and low moisture during grain filling period affected bread wheat yield and yield component (Öztürk and Korkut, 2017). Drought is classified as meteorological, agricultural, hydrological and socioeconomic. Standardized Precipitation Index (SPI) is commonly used to determine the severity of meteorological drought. SPI is based on converting and applying long term precipitation records to normal distribution and this index calculates dry and wet periods in different time periods (Dai, 2011). The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) has been developed to evaluate the severity of agricultural drought by taking into account the evapotranspiration and meteorological drought in the environment where the crop is located (Vicente-Serrano, 2010a). In the determination of meteorological and agricultural drought, SPI and SPEI indexes have been conducted by different researchers on issues such as analysis, monitoring and comparison of the drought's spatial and temporal distribution (Alkan and Tombul, 2022; Şener, 2021; Bakanoğulları, 2020; Falzoi et al., 2019; Keskiner et al., 2019; Tefera et al., 2019; Bae et al., 2018; Çetin et al., 2018; Chen et al., 2018; Çamalan et al., 2017; Tong et al., 2017; Nedelcov et al., 2015; Stagge et al., 2015; Bakanoğulları and Yeşilköy, 2014; Kwak et al., 2013; Türkeş and Tatlı, 2009; Wilhite et al., 2007).

The first objective of this study is to determine meteorological and agricultural droughts were analyzed using SPI and SPEI indices from 1963 to 2019. For these purpose, monthly mean total precipitation and monthly mean air temperature data recorded at the Meteorological service in the Kırklareli city were used in different time periods (monthly, seasonal, 6 months and yearly). The second objective is to examine the drought results were evaluated.

2. Materials and Methods

2.1. Study area and meteorological data

Kırklareli province locates in the northwest part of Turkey. It is also in the northern part of Marmara Region. It neighbors with the provinces of Tekirdağ in the south and Edirne in the west. The north of the province is entirely the Bulgarian border and the east is entirely the Black Sea. In addition, Kırklareli province locates between the longitudes of 26° 52' and 28° 07' with latitudes of 41° 13' and 42° 06' (Figure 1).

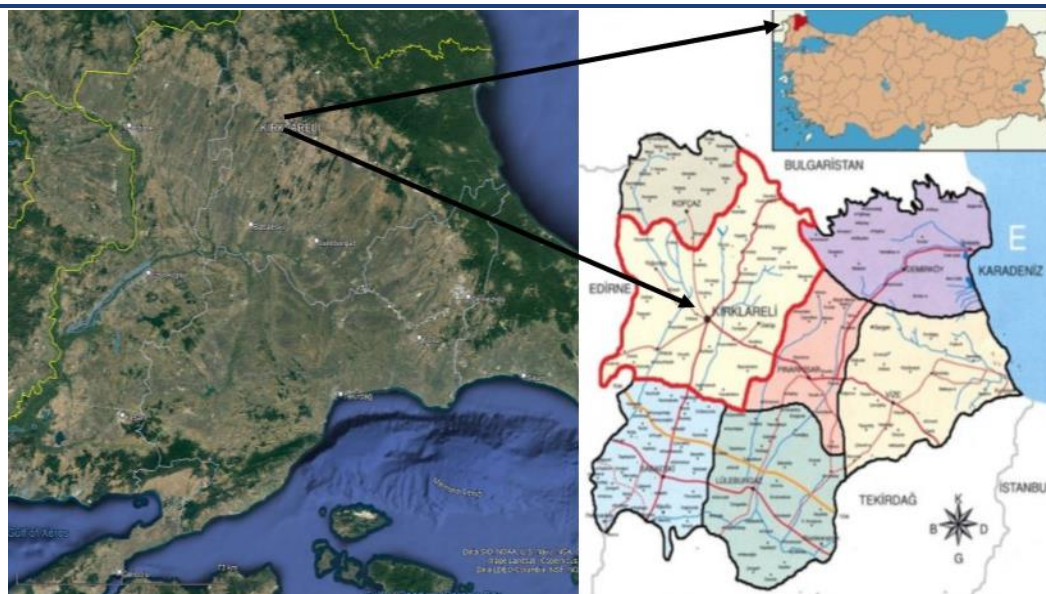


Figure 1. Kırklareli map and location of country (The map is rearranged from the Google Earth).

Climate of Kırklareli province differs according to the regions with the effect of Strandzha Mountains and the Black Sea. The Black Sea climate is observed in the north-facing parts of the Strandzha Mountains. Summers are cool, winters are cold and the air temperature difference between the seasons is low. Terrestrial climate is observed in the inner parts. Summers are hot, winters are cold and sometimes snowy. The temperature difference is high between summer and winter seasons. Terrestrial climate is dominant in the centre of Kırklareli, which is located on the southern part of Strandzha Mountains. In the study, 57-year (1963-2019) monthly precipitation data and monthly average air temperature data obtained from the Kırklareli Meteorological Service were used. Monthly average values of these data are given in *Figure 2*.

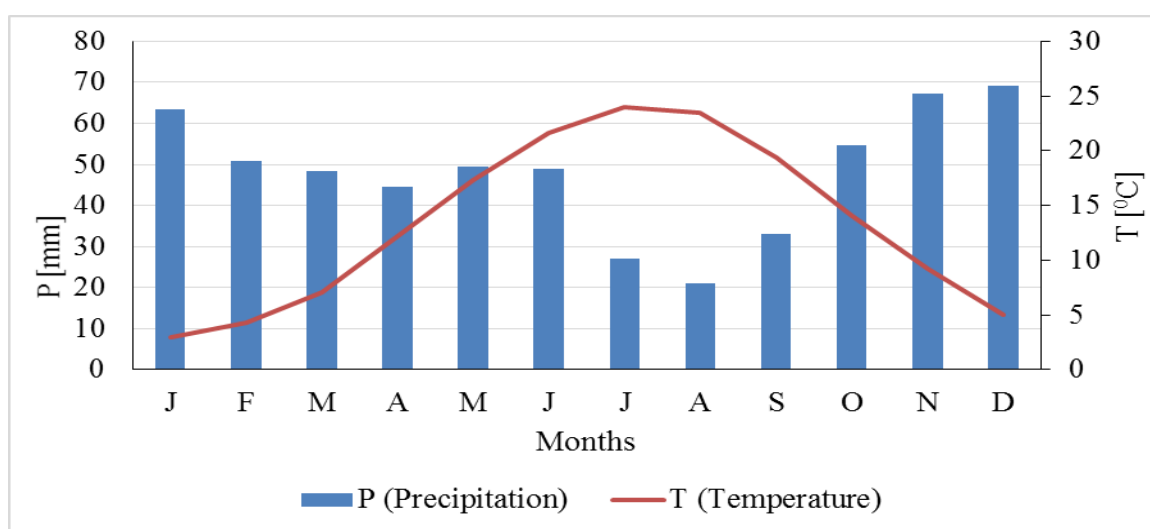


Figure 2. Long term monthly precipitation and mean air temperature data in Kırklareli

2.2. Standardized Precipitation Index (SPI)

SPI was developed by McKee et al. (1993) to define primarily a meteorological drought. With the help of the index, which is calculated based only on the precipitation values, dry periods can be monitored as well as the wet period. SPI is obtained by dividing the difference of precipitation from the mean by the standard deviation within a specified time frame.

$$SPI_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{ort}}{\sigma_j} \quad (Eq.1).$$

In Equation 1, $X_{i,j}$ shows the precipitation (mm) in the month j , the average precipitation in the month J_j (mm), and σ_j shows the standard deviation of the month in j . SPI values can be calculated for different periods (such as 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 months). However, precipitation data may not conform to the normal distribution for 12 months or less. For this reason, each data set is adapted to the Gamma function. The Gamma distribution is then transformed to a Gaussian distribution (standard normal distribution with mean zero and variance of one), which gives the value of the SPI for the time scale used (Bakanoğulları and Yeşilköy, 2014, Türkeş and Tatlı, 2009). The classification of drought indices is given in *Table 1*.

Table 1. Drought categories of SPEI and SPI

Drought Category	Symbols	SPEI & SPI Values
Extreme wet	EW	$\geq - 2.00$
Severe wet	SW	1.50 - 1.99
Moderate wet	MoW	1.00 - 1.49
Mild wet	MiW	0.50 - 0.99
Near normal	NN	-0.49 - 0.49
Mild drought	MiD	-0.99 - -0.50
Moderate drought	MoD	-1.49 - -1.00
Severe drought	SD	-1.99 - 1.50
Extreme drought	ED	$\leq - 2.00$

2.2. Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

SPEI was developed by Vicente Serrano et al. (2010a) to evaluate the severity of agricultural drought, taking into account plant evapotranspiration and meteorological drought. It is easy to calculate and based on the standard precipitation index (SPI) calculation basis.

SPEI is expressed as the difference (D) between the monthly or weekly potential evapotranspiration (PET) and precipitation (P). This difference (D) is the excess or lack of water for the month (i) analysed and is calculated using Equation 2.

$$D_i = P_i - PET_i \quad (Eq.2).$$

The following steps should be followed to calculate the potential and actual evapotranspiration according to the Thornthwaite (1948) method.

- a) Monthly mean temperature indices are determined according to the average temperature of each month.

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad (Eq.3).$$

In Equation 3, Where; i , monthly mean temperature index, t is the average monthly temperature ($^{\circ}C$).

- b) By adding the temperature indexes for each month, annual temperature index is found.

$$I = \sum_{k=1}^{12} i \quad k = 1-12 \quad (Eq.4).$$

In Eq.4, Where; I is annual temperature index; i is monthly mean temperature index; k is the month of operation

- c) Potential Evapotranspiration,

$$PET = 16 * (10 * t / I)^a \quad (Eq.5).$$

$$a = (0.000000675 * I^3) - (0.000077 * I^2) + (0.01792 * I) + 0.49239 \quad (Eq.6).$$

In Equation 5; PET, potential evapotranspiration (mm / month); t , monthly mean air temperature ($^{\circ}C$); I , annual temperature index; a is the coefficient that is also given the calculation method in Equation 6.

d) In Equation 7, To find the corrected Potential Evapotranspiration (DPET, mm / month), it is sufficient to multiply the evapotranspiration and latitude correction coefficient of each month. The latitude correction coefficient (G) is a value that varies according to average sunshine times and is prepared in a tabular format by Thornthwaite (1948).

$$DPET = (PET * G) \quad (\text{Eq.7}).$$

The results found by both methods (SPEI and SPI) in the research basin were classified according to the drought categories given in *Table 1*.

The SPI and SPEI analyses were conducted by Rstudio software programme with the SPEI package. Potential evapotranspiration (PET) and climatic water balance (BAL) data were calculated by Rstudio to complete the SPI and the SPEI.

SPEI is calculated similar to SPI. However, a three-parameter distribution is needed to standardize D-series as D-values can have negative values. Globally, the three-parameter log logistic distribution has been found to be a better fit for SPEI at all-time scales using Kolmogorov–Smirnov test (Vicente-Serrano et al. 2010b). The drought severity classification based on SPEI values is similar to the SPI classification and it can be defined at multiple scales.

3. Results and Discussion

In this study; meteorological and agricultural droughts were analyzed using SPI and SPEI indices from 1963 to 2019. Annual drought analyses were given in Figure 3. Three and six monthly drought analysis results with both index were given in *Figures 5* and *6*. Monthly drought analyses by both indexes were given by details in *Figure 9*.

The annual drought analysis by *Figure 3 (top)* SPI showed that 17 years were arid, 16 years were wet and 24 years were normal by the drought classification (*Table 1*) in the Kırklareli province. It indicates that approx. 30 % of the last 57 years were under arid conditions. The content of the arid years is categorized as follows; 8 years mild arid (1964, 1969, 1982, 1985, 1986, 1990, 1991, and 2011), 7 years moderate arid (1983, 1989, 1992, 1993, 1994, 1996, and 2008), 2 years extreme arid (2000, 2001). In *Figure 3(below)*, The SPEI showed that 18 years were arid, 19 years were wet and 20 years were normal by the drought classification from 1963 to 2019 in the Kırklareli province. Evaluation of annual agricultural drought with SPEI index categorized as 10 years mild arid (1969, 1985, 1986, 1990, 1991, 1992, 1993, 2011, 2016, and 2019), 5 years moderate arid (1983, 1989, 1996, 2008, and 2015), 1 years severe arid (1994), 2 year extreme arid (2000 and 2001). It indicates that approx. 32 % of the last 57 years were under arid conditions. Depending on global warming and climate change, it was determined as a moderate and severe arid year in 1983, 1989 and 1994, and severe arid year in 2000 and 2001 in Kırklareli province. This situation may indicate that droughts will gradually increase in frequency and severity in the coming years (*Figure 3*).

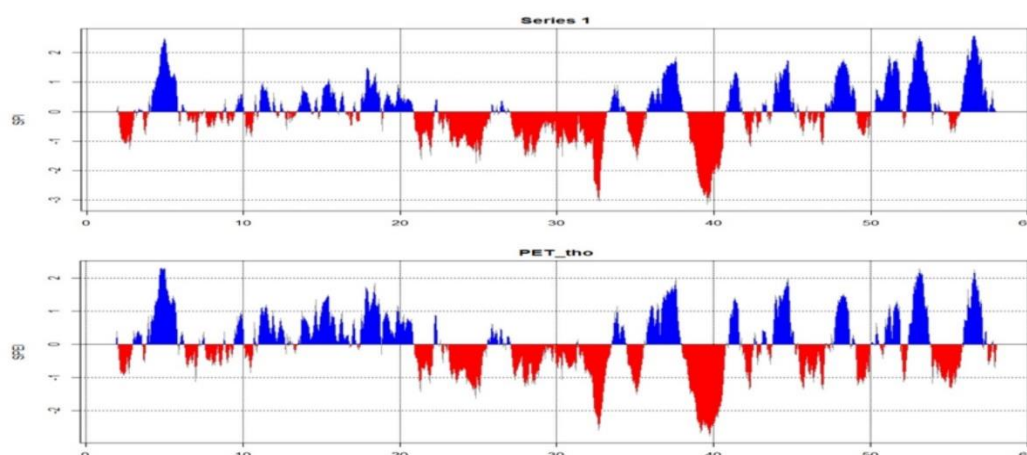


Figure 3. Comparison of long-term drought indices SPI (top) and SPEI (below) annual for Kırklareli

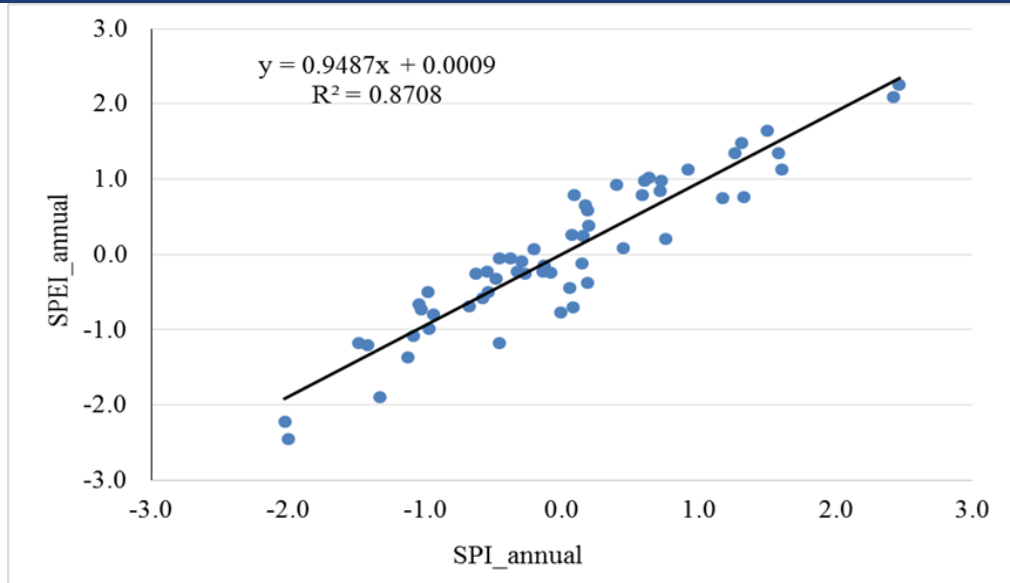


Figure 4. The relationship between annual SPI and SPEI index for Kırklareli

The followings Scatter diagram between SPI and SPEI are given in *Figure 4* in order to compare the results of both indices calculated using 57 years climatological data at Kırklareli. According to analysis, the determination coefficient (R^2) between the annual SPI and SPEI drought indexes was determined as 0.871 and was found statistically significant. Tong et al. (2017) conducted a drought analyses study at Xilingol pastures in Northern China with SPEI and NDVI indexes between 1961 and 2015 period for monthly, seasonal, biannually and annually. The results showed a 98% positive correlation between the annual SPEI and NDVI. They stated that the meteorological drought had a negative impact on plant vegetation development in arid and semi-arid regions. Alkan and Tombul (2022) conducted, a drought analyses were performed using data from 14 meteorological stations gathered between January 1989 and July 2020 in SPI and SPEI, based on 3-4-6-12 monthly scales. SPI and SPEI are common indices used for drought tracking. The coefficient of determination (R^2) was found to be 0.954 and used to analyze the regression between the annual SPI and SPEI.

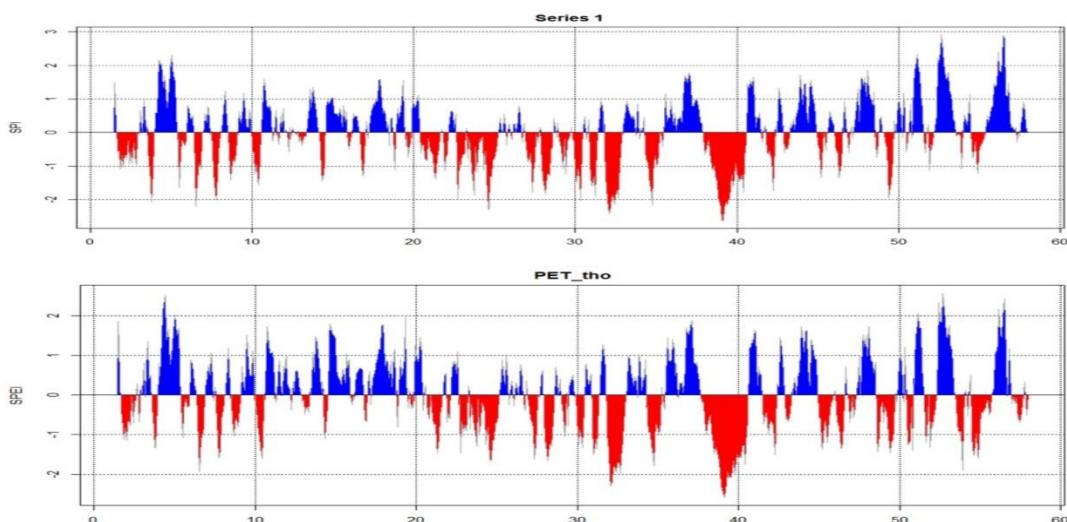


Figure 5. Comparison of long-term drought indices SPI-6 (top) and SPEI-6 (below) for Kırklareli

Figure 5 presents the time series of SPI index (*top*) and the SPEI index (*below*) calculated by considering 6 months data from autumn to winter and from spring to summer meteorological and agricultural drought for Kırklareli. Considering for two season, According to SPI, it was determined in autumn-winter season 14 years arid which of were 1 years severe, 5 years moderate, 8 years mild arid, in spring-summer season 18 years arid

which of were 1 years extreme and severe, 3 years moderate, 13 years mild arid. According to SPEI, it was determined in autumn-winter season 11 years arid which of were 3 years severe, in spring-summer season 12 years arid which of were 1 years extreme and severe. In both methods, the number of arid years in spring-summer periods were more than autumn-winter periods. In this figure, it could be given an idea for conventional production which were cereal and oils plant rotations for agricultural drought in Kırklareli. Considering the additional data requirements of SPEI, it is more likely that SPI can be used to identify, analyze and monitor droughts in any climatic zone of the world (Vicente-Serrano et al., 2010a)

According to the SPI index in 3-monthly (seasonal) drought assessments (*Figure 6 (top)*); while no drought observed in any of the four seasons for a total of 21 (1966, 1971, 1973, 1974, 1975, 1977, 1979, 1997, 1998, 1999, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017 and 2018) years, at least one season was arid in all the other years. In arid years, drought was determined in 13 years winter, 17 years spring, 17 years summer and 18 years autumn seasons. According to the SPEI index (*Figure 6 (below)*); in 1966, 1971, 1973, 1974, 1975, 1977, 1979, 1981, 1987, 1995, 1997, 1998, 2005, 2006, 2009, 2014, and 2017 there was no drought in any of the four seasons for a total of 17 years. However, at least one arid season observed in all the other years. In drought years, drought has been determined in 16 years winter, 15 years spring, 17 years summer and 20 years autumn season. Nedelcov et al. (2015) compared the temporal and spatial distributions of drought for 3 and 6 monthly periods with SPEI and SPI indexes in Moldova between the 1980-2014 periods. In temporal distribution both index showed similar results. However, differences observed in SPEI values in terms of drought length and intensities. Because SPEI values uses not only precipitation but also evapotranspiration. Keskiner et al. (2019) have produced meteorological drought maps at 5 and 10 repetition times in Seyhan Basin by use of 63 meteorological station long-term annual time scale data for SPI and PNI (Percent of Normal Index) indexes. They stated that PNI method is more sensitive than SPI method. Addition of the SPEI index to such basin-based drought analysis studies, contribute to monitoring agricultural drought as well as meteorological drought.

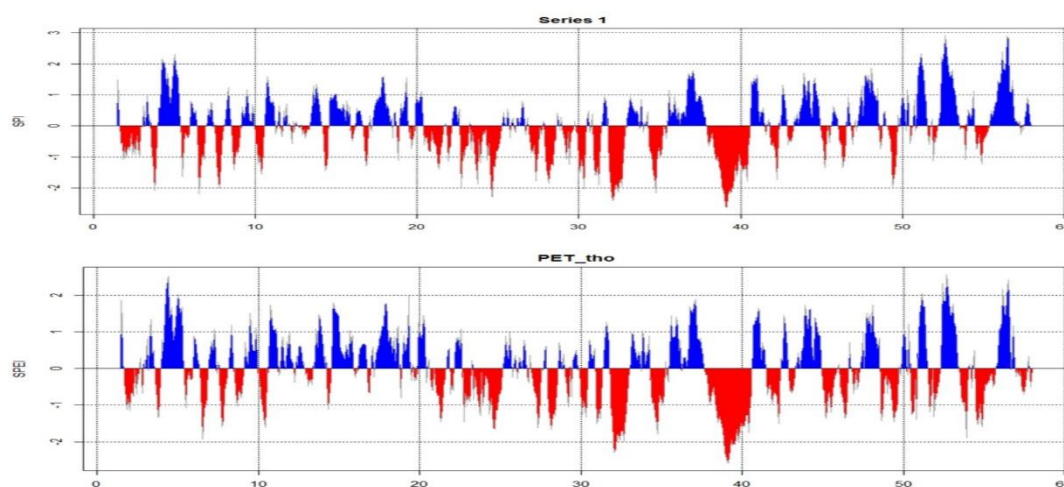


Figure 6. Comparison of long-term drought indices SPI-3 (top) and SPEI-3 (below) for Kırklareli

The evaluation between seasonal (three monthly) and six-monthly SPI and SPEI drought data which is estimated with 57 years meteorological data for Kırklareli province, linear correlation analysis results are given in *Figure 7* and *8*. According to the determination coefficient (R^2) between the three monthly (seasonal) and six-monthly between SPI and SPEI drought indexes was changed from 0.833 to 0.988. And it they were found statistically significant, respectively. Tefera et al. (2019) indicated that SPI and SPEI showed strong and significant relationship at 1-month ($r = 0.69$) and 3-month ($r = 0.7$) timescales. The linear relationship at 12-month and 24-month timescales ($r = 0.83$ and $r = 0.79$, respectively). Falzoi et al. (2019) the trends of the (SPI) and (SPEI) have been also evaluated. The similarities and differences between the indices of the two regions were then considered. In most stations of both zones, there is a statistically significant trend of increase in the SPI and decrease in the SPEI. Nevertheless, the trend of indices averaged over stations of the two indices is not significant in either of the two climatic zones considered.

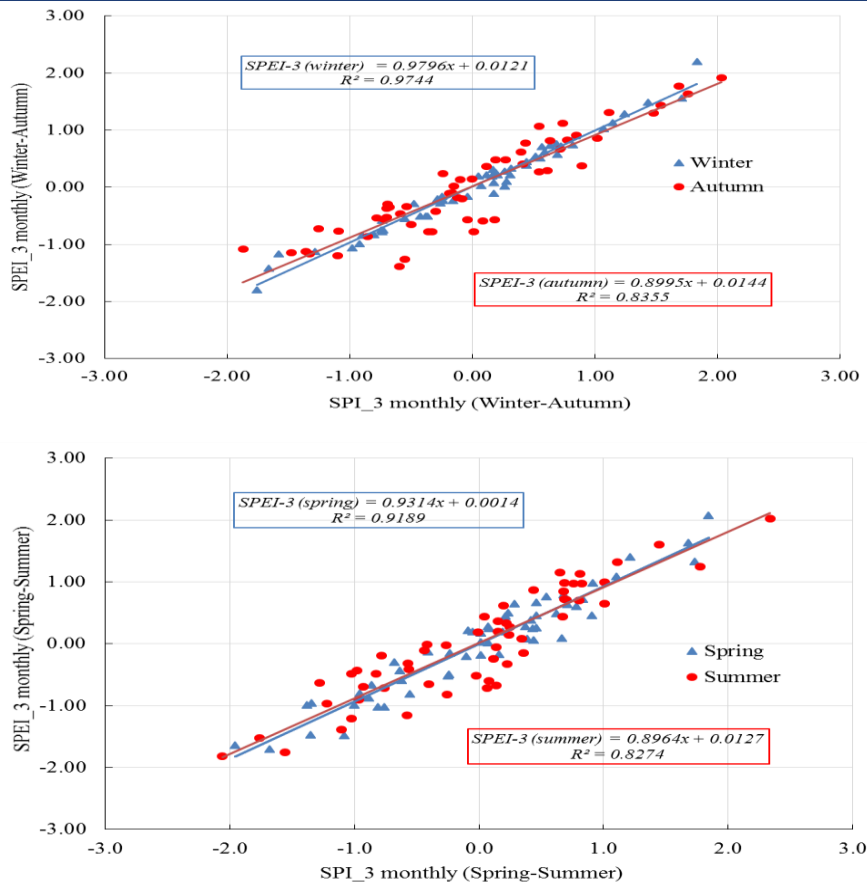


Figure 7. The relationship between seasonal SPI and SPEI index for Kırklareli

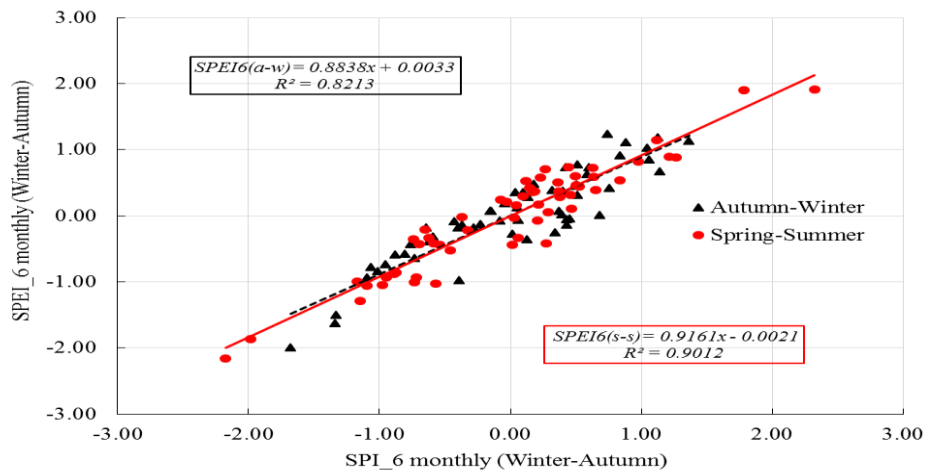


Figure 8. The relationship between SPI-6 and SPEI-6 index for Kırklareli

According to Kırklareli monthly bases SPI index drought assessment (Figure 9(top)); April of 2018 observed as the most severe arid month (-3.69). 2008 of February (-3.49) followed this month. During the observation period, June observed as the most arid month, with 21 years. April was the least drought-determined month with the 14 times, during the period. According to the monthly drought assessment with the SPEI index (Figure 9 (below)); the most severe arid month determined as 1994 of April (-2.85) and 2010 of August (-2.46) followed this month. November observed most arid month with the 23 times repetition of drought, during the observation period. This month was followed by December with 22 times drought. The number of agriculturally drought months,

monitored with SPEI index, determined more than the number of meteorologically drought months monitored with SPI index.

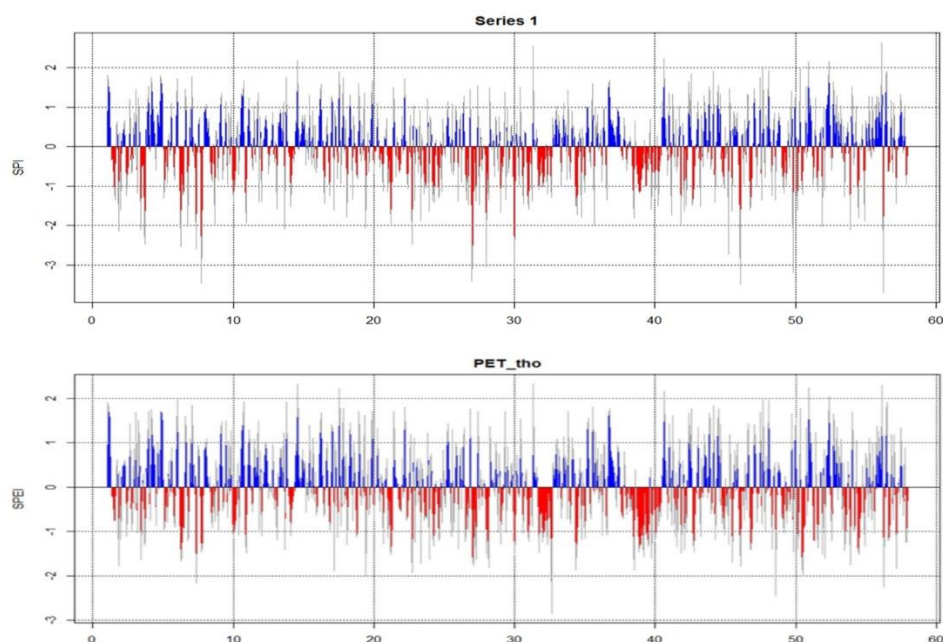


Figure 9. Comparison of long-term drought indices SPI-1 (top) and SPEI-1 (below) for Kırklareli

4. Conclusions

In this study, monthly, seasonal, 6-monthly and annual drought analyzed by SPI (meteorological) and SPEI (agricultural) drought indexes for the period of 1963-2019 in Kırklareli province. The linear relationship between both index values were estimated and compared. A strong relationship was found between SPI and SPEI. Furthermore, an important relationship ($R^2 = 0.974$, $R^2=0.919$ $R^2=0.901$) was figured out between seasonal winter and spring, six monthly (Spring-Summer) periods.

According to annual evaluation results; ten years mild arid (1969, 1985, 1986, 1990, 1991, 1992, 1993, 2011, 2016, and 2019), five years moderate arid (1983, 1989, 1996, 2008, and 2015), one year severe arid (1994), and two years extreme arid (2000 and 2001) observed with the SPEI index. SPI index analyses showed that, eight years mild arid (1964, 1969, 1982, 1985, 1986, 1990, 1991, and 2011), seven years moderate arid (1983, 1989, 1992, 1993, 1994, 1996, and 2008), and two years extreme arid (2000, 2001) Considering the annual periods according to the SPEI and SPI index, drought is severe and very frequent from 1982 until 2002 (SPEI 12 years, SPI 13 years). This process corresponds to 67% of the drought for SPEI and 76% of the drought for SPI observed during the 57-year observation period. This is an important indicator of change in climatic cycles.

In the monthly, 3-monthly and 6-monthly analyses of the SPEI index, there was a decrease in drought category intensity compared to the SPI index severity data. However, more sensitive results were obtained in this index by using temperature and evapotranspiration data. In order to examine and reduce drought in terms of agriculture, monthly, seasonal and semi-annual drought analysis of SPEI index should be done. Moreover, drought analysis of the cultivated plants based on vegetation periods, could contribute to more realistic and healthy results in the region.

The weaknesses of the SPI compared to the SPEI is that SPI relies on precipitation as input data. However, SPEI takes into account evapotranspiration, temperature, including precipitation. So while SPI analyzes meteorological drought, SPEI estimates agricultural drought. Thus, it would be appropriate to use this method for the determination of agricultural droughts on the basin and for future drought projections and making more accurate policies for regional decision makers.

Generally, there are various stages of crop development, and each stage lasts around 1 or 3 months. Therefore, it is

better to focus on short-term drought conditions, such as 1- and 3-month time scales of SPEI, which are related to crop development.

Acknowledgment

Authors thanks to Kırklareli Meteorology Directorate Service for data support.

References

- Alkan, A., Tombul, M. (2022). Temporal drought assessment using various indices of the Seyhan and Ceyhan Basins, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(1):555-569.
- Bae, S., Lee, S.H., Yoo, S.H., Kim, T. (2018). Analysis of drought intensity and trends using the modified SPEI in South Korea from 1981 to 2010. *Water*, 10, 327.
- Bakanoğulları, F. (2020). Defining of drought using two methods (SPEI and SPI) in rural watersheds: A case study kumdere watershed. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7:1:146-156.
- Bakanoğulları, F., Yeşilköy, S. (2014). Determination of meteorological and hydrological drought in Damlıca creek watershed in Çatalca-Istanbul, *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 6, 1152-1157.
- Chen, S., Zhang, L., Liu, X., Guo, M., She, D. (2018). The use of SPEI and TVDI to assess temporal-spatial variations in drought conditions in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin, China. *Advances in Meteorology*, Article ID 9362041, 1-11.
- Çaldağ, B., Şaylan, L., Toros, H., Bakanoğulları, F. (2004). Drought Analysis in Northwest Turkey. *Agroenvironment*, 20-24 October, P. 169-179. Udine, Italy.
- Çamalan, G., Akgündüz, A.S., Ayvaci, H., Çetin, S., Arabacı, H., Coşkun, M. (2017). SPEI Indisine Göre Türkiye Geneli Kuraklık Değişim ve Eğilim Projeksiyonları. IV. *Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, TİKDEK. 5 – 7 Temmuz. İstanbul, Türkiye.
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B.; Eriş, E., Yüce, M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.İ., Eşit, M., Çavuş, Y., Orta, S. (2018). Deriving Accumulated Precipitation Deficits from Drought Severity-Duration Frequency Curves: A Case Study in Adana Province, Turkey. *1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation*, 26-28 September, P. 39-48. Antalya, Turkey.
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2: 45–65.
- Falzo, S., Acquafredda, F., Pulina, M.A., Fratianni, S., (2019). Hydrological drought analysis in continental temperate and Mediterranean environment during the period 1981-2017. *Italian Journal of Agrometeorology*, (3): 13-23.
- Heim, R.R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1149–1165.
- Keskiner, A.D., Cetin, M., Şimşek, M., Akin, S., Çetiner, I. (2019). Probabilistic regional meteorological drought analysis with standardized precipitation index and normal precipitation index methods in geographic information systems environment: A case study in Seyhan basin. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28: 7: 5675-5688.
- Konukçu, F., Deveci, H., Altürk, B. (2020). Modelling of the effect of climate change on wheat yield in Thrace region with AquaCrop and WOFOST models. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*. 17(1): 77-96.
- Koutroulis, A.G., Vrochidou, A.E.K., Tsanis, I.K. (2011). Spatiotemporal characteristics of meteorological drought for the island of Crete. *Journal of Hydrometeorology*, 12: 206–226.
- Kwak, J.W., Lee, S.D., Kim, Y.S., Kim, H.S. (2013). Return period estimation of droughts using drought variables from standardized precipitation index. *Journal of Korea Water Resources Association*, 46: 795–805.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Boston, MA: 179–184.
- Nedealcov, M., Raileanu, V., Sirbu, R., Cojocari, R. (2015). The use of standardized indicators (SPI and SPEI) in predicting droughts over the Republic of Moldova Territory. *Pesd*, 9(2): 149-157.
- Öztürk, İ., Korkut, K.Z. (2017). Stability parameters for yield and yield component of the bread wheat genotypes under various drought stress condition. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, the Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress: 77-82.
- Rossi, G. (2000). Drought Mitigation Measures: A Comprehensive Framework. In *Drought and Drought Mitigation in Europe*; Voght J., Somma F., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, the Netherlands, p.233–246.
- Stagge, J.H., Tallaksen, L.M., Gudmundsson, L., Loon, A.F.V., Stahl, K. (2015). Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI). *International Journal of Climatology*. 35: 4027–4040.
- Svoboda, M.D., LeComte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., Miskus, D. (2002). The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1181–1190.
- Şener, E. (2021). Standartlaştırılmış yağış indeksi ile kuraklık indekslerinin eğilim analizi: Akşehir Örneği . *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21 (6), 1470-1484.
- Tefera, A.S., Ayoade, J.O., Bello, N.J. (2019). Comparative analyses of SPI and SPEI as drought assessment tools in Tigray Region, Northern Ethiopia. *SN Applied Sciences* 1, 1265.
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55–94.
- Tong, S., Bao, Y., Te, R., Ma, Q., Ha, S., Lusi, A. (2017). Analysis of drought characteristics in Xilingol grassland of Northern China based on SPEI and Its Impact on vegetation. *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2017, Article ID 5209173, 1-11.

- Türkeş, M., Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology* 29: 2270–2282.
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I. (2010a). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23: 1696–1718.
- Vicente-Serrano, SM, Beguería, S, López-Moreno, J.I., Angulo, M., El Kenawy, A. (2010b). A new global 0.5 gridded dataset (1901–2006) of a multiscalar drought index: comparison with current drought index datasets based on the Palmer Drought Severity Index. *Journal of Hydrometeorology*, 11(4):1033–1043.
- Willhite, D.A., Svoboda, M.D., Hayes, M.J. (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, 21: 763–774.
- Willhite, D.A. (2000). Drought as a natural hazard: Concept and definitions. In drought: A global assessment; Willhite D. A., Ed.; Routledge: London, UK, pp: 3-18.
- Willhite, D.A., Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10: 111–120.

Determination of the Effects of Some Additives Added to the Mixture of Diesel and Safflower Biodiesel on Exhaust Emissions*


Motorin ve Aspir Biyodizeli Karışımlarına İlave Edilen Bazı Katkı Maddelerinin Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Belirlenmesi


Seda ŞAHİN^{1*}, Hakan Okyay MENGEŞ¹

Abstract

In this study, linas, a newly developed variety of safflower plant, were used for biodiesel production. Fuel properties and exhaust emission values of biodiesel fuel (B₁₀₀) and alternative blended fuels containing different volumetric amounts of diesel (M₁₀₀), biodiesel (B₁₀₀) and n-butanol (BU) or n-pentanol (P) (diesel / biodiesel / n-butanol and diesel / biodiesel / n-pentanol) were evaluated in comparison with the reference fuel diesel (M₁₀₀). In addition, in the study, the effects of 2-ethylhexyl nitrate (EHN) on fuel properties and emission values have been examined by adding EHN cetane improver additive to mixture fuels at a concentration of 2000 ppm. Exhaust emission tests of all fuels and mixtures were carried out in a four-cylinder, four-stroke, and direct injection diesel engine at different speeds and full load conditions. According to the results of the research, the fuel properties of diesel, biodiesel, and blended fuels have been determined that comply with biodiesel and diesel fuel standards. Density values of these fuels were determined between 0.830 to 0.8885 kg m⁻³, kinematic viscosities 2.83 and 4.57 mm²s⁻¹, calorific values 40.13 and 43.4 MJ kg⁻¹, water content 48.015 and 499 ppm, cetane numbers 48.8 and 55.8, cloud point, cold filter plugging point, and pour point -13.9 and -1.4 °C, -22 and -10 °C, -15 and <-20 °C, respectively. While CO, CO₂, and NO_x emissions of blended fuels show lower values compared to diesel fuel, it has been determined that there are certain rates of increases in HC and O₂ emissions. It was determined that the high NO_x emissions of biodiesel decreased with the addition of high alcohols to the blend fuels. In general, it has been determined that the fuel properties and emission results of blends containing pentanol show better results than fuels containing butanol. The 2-Ethylhexyl Nitrate additive used in the blend was effective in improving the emissions.

Keywords: 2-ethylhexylnitrate, Biodiesel, Exhaust emission, n-butanol, n-pentanol.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author**, Seda Şahin, University of Selcuk Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering Alaeddin Keykubat Campus, 42075 Selçuklu. E-mail: sedabacak@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0003-1743-9530

² Hakan Okyay Mengeş, University of Selcuk Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering Alaeddin Keykubat Campus, 42075 Selçuklu. E-mail: hmengec@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0003-1743-9530

Atıf/Citation: Şahin S., Mengeş, H.O. Determination of the effects of some additives added to the mixture of diesel and safflower biodiesel on exhaust emissions *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 769-787.

*This article is summarized from Seda Şahin's Ph.D. Thesis.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Bu çalışmada, biyodizel üretimi için aspir bitkisinin yeni geliştirilmiş bir çeşidi olan linas kullanılmıştır. Biyodizel (B₁₀₀) yakıtı ve hacimsel olarak farklı oranlarda motorin (M₁₀₀), biyodizel (B) ve n-bütanol (BÜ) veya n-pentanol (P) ihtiva eden alternatif karışım yakıtlarının (motorin/biyodizel/ n-bütanol ve motorin/biyodizel/ n-pentanol), yakıt özellikleri ve egzoz emisyon değerleri referans yakıt motorin (M₁₀₀) ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Araştırmada ayrıca karışım yakıtlarına 2000 ppm konsantrasyonunda 2-etilhekzil nitrat (EHN) setan iyileştirici katkısı ilave edilerek EHN'nin yakıt özellikleri ve emisyon değerlerine etkileri incelemiştir. Tüm yakıt ve karışımlarına ait egzoz emisyon testleri, dört silindirli, dört zamanlı ve direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda farklı hızlarda ve tam yük koşullarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre motorin, biyodizel ve karışım yakıtlarına ait yakıt özelliklerinin, biyodizel ve motorin yakıtı standartlarıyla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bu yakıtlara ait yoğunluk değerleri 0.830 ile 0.8885 kg m⁻³, kinematik viskoziteleri 2.83 ile 4.57 mm²s⁻¹, ısı değeri 40.13 ile 43.4 MJ kg⁻¹, su içerikleri 48.015 ile 499 ppm, setan sayıları 48.8 ile 55.8, bulutlanma, SFTN ve akma noktaları ise sırasıyla -13.9 ile -1.4 °C, -22 ile -10 °C, -15 ile <-20 °C arasında belirlenmiştir. Karışım yakıtlarına ait CO, CO₂ ve NO_x emisyonları motorin yakıtına göre daha düşük değerler gösterirken, HC ve O₂ emisyonlarında ise belli oranlarda artışlar olduğu tespit edilmiştir. Karışım yakıtlarına yüksek alkollerin eklenmesiyle biyodizelin yüksek olan nox emisyonlarının düştüğü belirlenmiştir. Genel olarak pentanol ihtiva eden karışımların yakıt özellikleri ve emisyon sonuçlarının n-bütanol ihtiva eden yakıtlara göre daha iyi sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Karışımlarda kullanılan 2-Etilhekzil Nitrat katkı maddesi emisyonları iyileştirmede etkili olmuştur.

Anahtar kelimeler: 2-etilhekzilnitrat, Biyodizel, Egzoz emisyonu, n-bütanol, n-pentanol

1. Introduction

Energy is one of the most important consumption items of our age and an indispensable civilization tool. Energy consumption, which is one of the most important needs of countries with a high level of development, tends to increase continuously. Therefore, countries need to produce and use renewable energy sources in order to meet their energy needs without harming the environment. The concepts of biomass, biofuel and bioenergy are very broad and interact with each other. Bioenergy can be produced from biomass as solid, liquid and gas.

Agricultural products constitute the source of biofuel energy, which has an important potential among renewable energy sources. These products consist of oilseed crops such as sunflower, rapeseed, soybean, safflower, cotton; carbohydrate crops such as potatoes, wheat, barley, rye, maize, sugar beet, sugarcane, sweet sorghum; fiber plants such as flax, kenaf, hemp, miscanthus (elephant grass). In addition to these plants, agricultural residues such as branches, stems, straw, roots, bark and animal residues are also used in biofuel production (Narin, 2008).

In recent years, the use of fossil fuels in the industry and transportation sector has led to an increase in Greenhouse Gas emissions and global warming (Jiaqiang et al., 2019; Ögüt et al., 2022). Since changes in engine design to reduce harmful emissions will be costly, the use of alternative fuels, which are less polluting than petroleum and its derivatives, has gained great importance in internal combustion engines (Kaplan et al., 2009; Özer, 2014). Liquid fuels are used in the transportation sector, which has a large share in world energy consumption. Vegetable oils, biodiesel produced from these vegetable oils, and bioalcohols produced from biomass are the leading liquid biofuels that can be used as an alternative to fossil-based liquid fuels (Yılmaz and Atmanlı, 2016).

They can also be used as fuel additives to increase the low-temperature fluidity of biodiesel (Atmanlı et al., 2015; Li et al., 2015; Şahin et al., 2015). Higher alcohols such as butanol (C4) and pentanol (C5) can be considered as competitive alternative fuels today due to their liquid nature, high oxygen content and production from renewable biomass. (Kumar and Saravanan, 2016). Higher alcohols are effective to reduce properties such as kinematic viscosity and density. In order to meet the increasing energy demand and control environmental pollution, sustainable policies have begun to be adopted that allow diesel fuels to be mixed with biodiesel, biobutanol, biopentanol or such fuels with diesel fuel (Kumar and Saravanan, 2016).

There are 15 safflower cultivars (Yenice 5-38, Dinçer 5-18-1, Remzibey-05, Zirkon, Balcı, Linas, Olas, Göktürk, Asol, Hasankendi, Yektay, Zirkon, Olein, Koç, Safir and Servetağa) registered as domestic seeds in Turkey (Arslan et al., 2019; Culpan and Arslan, 2022). Linas variety safflower plant has a spiny structure, flower color is yellow-orange and seed color is cream color. The average yield is 300-350 kg da⁻¹, the average oil content (within the seed) is 37-38%, and linoleic and oleic fatty acids are 71% and 18%, respectively. Linas variety safflower plant was registered by Trakya Research Institute in 2013 (Arslan et al., 2019). As the linas variety safflower plant used in this study is resistant to cold, it is suitable for the climatic conditions of Turkey. The most distinctive feature of safflower oil is that it has low saturated fatty acids and high unsaturated fatty acids (Arslan and Bayraktar, 2016). In addition, high oil and fatty acid ratios are suitable for biodiesel production. The physico-mechanical properties of Linas variety safflower seed are given in *Table 1*.

Keskin et al. (2013) examined the engine performance and exhaust emission values of fuel A (60% diesel, 30% biodiesel, 5% ethanol, 5% butanol) and fuel B (40% diesel–50% biodiesel–5% ethanol–5% butanol) mixture fuels, which they tested in a single-cylinder, four-stroke diesel engine under full load conditions, in comparison with diesel fuel. As a result of the study, they stated that the emission values of the blended fuels showed a significant improvement compared to the diesel fuel and that the emission values of fuel B, carbon monoxide (CO) and, hydrocarbon (HC), decreased by 87.01% and 87.50%, respectively.

Atmanlı (2016a) used diesel fuel (D), waste oil biodiesel (B) and propanol (Pro), n-butanol (nB), and 1-pentanol (Pn) fuels, which are in the high alcohol group, as fuel mixtures. Determined the effects on engine performance and exhaust emission values in a 4-cylinder turbocharged and water-cooled diesel engine. He stated that the addition of alcohol to the mixtures decreased the NO_x emission values, however, it increased the CO emissions. In addition, when the researcher compared the blend fuels in terms of HC emission reduction, it was determined that the D40B40Pn20 fuel gave the best results.

Table 1. Some physico-mechanical properties of safflower (linas variety) seed

Class	Name	Unit	Values
Geometric Properties	Thickness	(mm)	2.99± 0.23
	Width	(mm)	4.01± 0.44
	Lenght	(mm)	7.47± 0.63
	Geometric mean diameter	(mm)	4.46± 0.26
	Sphericity	(%)	59.94± 3.36
	Projected area	(mm ²)	26.17
Gravimetric Properties	Porosity	(%)	40.68
	Density	(g lt ⁻¹)	549±9.65
	Mass of 1000 seeds	(g)	39.72± 0.75
Aerodynamic Characteristic	Terminal velocity	(m s ⁻¹)	3.77± 0.27
Mechanical Property	Fracture resistance	(N mm ⁻²)	10.65± 1.43
Chemical Properties	Moisture (% w.b.)	(%)	5.6

Ileri (2016) aimed to investigate the effect of EHN addition on fuel properties, engine performance, and exhaust emission values of blended fuels by adding cetane improver 2-Ethylhexyl nitrate (EHN) at 500, 1000, and 2000 ppm concentrations to D70S20B10 (70% diesel, 20% sunflower oil and 10% n-butanol) and D70S20P10 (70% diesel, 20% sunflower oil and 10% 1-pentanol) blended fuels. It was determined that the NO_x values of the blended fuels with the addition of EHN decreased by 0.26% to 5.26%. He stated that CO emissions increased by 7.16% to 23.46% depending on the increase in EHN concentration. Compared to diesel fuel, D70S20B10 and D70S20P10 blended fuels reported increases of 133.29% and 153.1%, respectively, in HC emissions.

Örs (2016) investigated the effects of diesel fuel, soybean oil biodiesel, and butanol blends on engine performance and exhaust emissions in a single-cylinder direct injection diesel engine. Mixture fuels were obtained by adding 5% (BU5), 10% (BU10), and 15% (BU15) butanol to soybean oil biodiesel (BU0) by volume. It was stated that the addition of 15% butanol (BU15) to soybean oil biodiesel reduced NO_x, particulate matter (PM), and CO emissions by 16%, 24%, and 49%, respectively, compared to diesel fuel. It was determined that the HC emission and specific fuel consumption values (average 10%) increased as the butanol ratio increased in the blended fuels.

In this study, biodiesel (B₁₀₀) fuel and alternative blended fuels (diesel/biodiesel/n-butanol and n-butanol) containing diesel (M₁₀₀), biodiesel (B) and n-butanol (BU) or n-pentanol (P) in different volumetric ratios were investigated. It is aimed to evaluate the fuel properties and exhaust emission values of these fuels in comparison with the reference fuel diesel (M₁₀₀). The study also investigated the effects of EHN on fuel properties and emission values by adding 2-ethylhexyl nitrate (EHN) cetane improver additive at a concentration of 2000 ppm to the blend fuels. Linas variety safflower is a newly developed variety and there is no biodiesel study on this subject. High alcohol additives were used to improve the kinematic viscosity and cold flow properties of safflower biodiesel. Since it was recommended to use less than 20% of these high alcohols in previous studies, the rates were determined accordingly. Since high alcohol addition reduces the cetane number, the effect of EHN additive as cetane improver was investigated.

2. Materials and Methods

The study consists of the following steps. These;

- Obtaining oil from safflower seeds; Extraction of oil from safflower (linas variety) seed was carried out in 3 stages as crushing, annealing and squeezing. The seeds were first pre-treated in a crushing machine and then heated and annealed, cold pressed in a 200-ton hydraulic press to obtain oil and pulp.
- Production of safflower oil methyl ester (biodiesel) from the obtained crude safflower (linas variety) oil by transesterification method, preparation of mixtures (M₈₅B₁₀BU₅, M₈₀B₁₀BU₁₀, M₇₀B₁₀BU₂₀, M₇₅B₂₀BU₅, M₇₀B₂₀BU₁₀, M₆₀B₂₀BU₂₀) containing diesel, biodiesel (10% and 20%) and n-butanol (5%, 10% and 20%) by

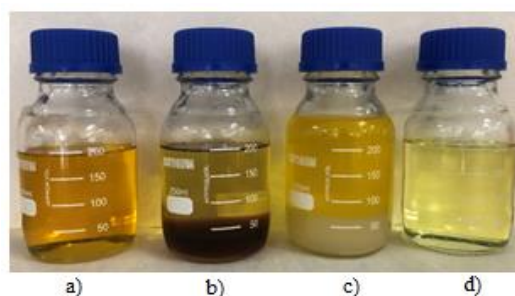
volume, preparation of mixtures containing diesel, biodiesel (10% and 20%) and n-pentanol (5%, 10% and 20%) by volume $M_{85}B_{10}P_5$, $M_{80}B_{10}P_{10}$, $M_{70}B_{10}P_{20}$, $M_{75}B_{20}P_5$, $M_{70}B_{20}P_{10}$, $M_{60}B_{20}P_{20}$,

• Obtaining mixed fuels with EHN addition by adding 2000 ppm 2-ethylhexyl nitrate (EHN) to all prepared fuel mixtures ($M_{85}B_{10}BU_5+EHN$, $M_{85}B_{10}P_5+EHN$, $M_{80}B_{10}BU_{10}+EHN$, $M_{80}B_{10}P_{10}+EHN$, $M_{70}B_{10}BU_{20}+EHN$, $M_{70}B_{10}P_{20}+EHN$, $M_{75}B_{20}BU_5+EHN$, $M_{75}B_{20}P_5+EHN$, $M_{70}B_{20}BU_{10}+EHN$, $M_{70}B_{20}P_{10}+EHN$, $M_{60}B_{20}BU_{20}+EHN$, $M_{60}B_{20}P_{20}+EHN$), exhaust emission tests were carried out of reference fuel diesel, biodiesel, and blended fuels. All fuel blends were mixed homogeneously before starting the experiments.

2.1. Biodiesel Production

Biodiesel production from safflower oil was made by transesterification method. In the production of safflower (linas variety) oil methyl ester (biodiesel), PLC supported pilot production facility which was established within the scope of DPT 2004/7 project at Selçuk University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering was used (Öğüt et al., 2004).

Figure 1 shows the methyl ester (biodiesel) production stages of safflower oil produced by the transesterification method from crude safflower oil.



(a) crude oil (b) glycerol (c) wash water (d) biodiesel

Figure 1. Safflower (linas variety) oil methyl ester (biodiesel) production steps

To produce biodiesel, methoxide was obtained by mixing 20% of crude safflower oil with methyl alcohol (CH_3OH) and 3.5g of NaOH per liter of oil. Crude safflower oil was heated to $55^\circ C$ and methoxide was added to it. It was waited for 8 hours for the glycerol in the oil, which was mixed for 60 minutes, to precipitate and the glycerol was separated. The temperature was increased up to $75^\circ C$ and the remaining methyl alcohol in the crude biodiesel was removed. Washing process was applied at $50^\circ C$ and wash water was separated from methyl ester. Finally, drying process at $100^\circ C$ was applied and biodiesel was obtained.

2.1.1 Preparation of fuel blends

Blended fuels without EHN were prepared by homogeneously mixing diesel, biodiesel, and n-butanol ($C_4H_{10}O$) and n-pentanol ($C_5H_{12}O$), which are in the high alcohol group, at certain volumetric ratios with a homogenizer. In addition, mixed fuels with EHN addition were obtained by adding 2000 ppm cetane improver 2-Ethylhexyl nitrate (EHN) to these blend fuels, which were re-prepared at the same volumetric proportions. Diesel fuel is symbolized as “M”, safflower biodiesel “B”, n-butanol “BU”, n-pentanol “P”, and 2- Ethylhexyl nitrate “EHN” for ease of use. The numbers added in the form of indices under the symbols represent the mixing ratios of the fuels.

2.1.2 Determination of fuel properties

In the study, kinematic viscosity, density, calorific value, water content, flash point, cloud point, cold filter plugging point, pour point, copper strip corrosion tests of safflower biodiesel and blended fuels were performed. Fuel properties have been determined according to the device and working methods given in Table 2.

Table 2. Specifications of Test Devices

Fuel Characteristic	Devices	Measuring range	Unit	Measuring accuracy	Manufacturer	Standard
Density	Kem Kyoto DA-130N	0.0000 - 2.0000	g cm ⁻³	±0.0001	Kem Kyoto Electronic, Japan	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kinematic viscosity	Koehler K23377	Ambient temperature – 150	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, US	EN ISO 3104
Flash point	Koehler K16270	Ambient temperature - 370	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, USA	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Water content	Kem Kyoto MKC-501	10µg-100mg	µg	±0.01	Kem Kyoto Electronic, Japan	EN ISO 12937
Calorimeter	IKA C 200	0-40.000	J	±0.0001	IKA, UK	DIN 51900
Cold filter plugging point	Tanaka AFP-102	With refrigerant down to -60°C	°C	±0.01	Tanaka Scientific Limited, Japan	EN ISO 3015 EN ISO 3016
Copper strip corrosion	Koehler K 25330	0-190	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, USA	EN ISO 2160
Cetane Number	Core Lab CFR Dresser	0- 100			Core Lab CFR Dresser, USA	ASTM D 613-18

2.2 Test unit

The engine tests carried out to determine the exhaust emission values of diesel, safflower biodiesel, and blended fuels were carried out in the engine test set up within the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Faculty of Agriculture, Selçuk University. Test setup; It consists of engine, hydraulic dynamometer, magnetic pick-up, S type load cell, fuel meter, exhaust emission device and control unit. The tests were carried out on a 4-stroke, 4-cylinder, direct injection diesel engine with a turbocharger system. After the test engine was ready for the tests, full load-differential speed tests were applied to the test engine in order to determine the exhaust emission values of the fuels. Technical specifications of the diesel engine used in the research are given in Table 3.

Table 3. Technical specifications of the diesel engine used in the research

Name	Technical specifications
Brand and model	Tümosan 4DT-39T-185C
Rated Power @2300 rpm	85 HP
Maximum torque	340 Nm
Total Engine Capacity	3908 cm ³
Diameter Stroke	104 mm x 115 mm
Number of Cylinders	4
Minimum Specific Fuel Consumption	160 g HPh ⁻¹
Aspiration	Turbocharger
Number of Valves Per Cylinder	2
Compression Ratio	17:01
Combustion System	Direct Injection
Cooling system	Water Cooled

2.2.1 Exhaust emission measuring device

“Mobydic” brand exhaust emission device was used in the exhaust emission measurements of the test material fuels. The transmission of the exhaust emission data to the device was carried out by a probe attached to the exhaust outlet. The technical features of the emission device are shown in *Table 4*.

Table 4. Technical Specifications of Exhaust Emission Device

Measurement Parameters	Unit	Measurement range
CO	ppm	0 – 10
CO ₂	% Vol	0 – 20
HC	ppm	0 - 20000
O ₂	% Vol	0 – 21
NO _x	ppm	0 – 5000

3. Results and Discussion

3.1 Fuel Properties

Necessary tests were carried out to determine the compliance of the obtained safflower biodiesel with EN 14214 and diesel fuel with TS 3082 EN 590 standards. The results of the analysis are given in *Table 5* and it has been found that the fuel properties are in accordance with the standards. In the measurements made, the viscosity of safflower biodiesel is 4.57 mm² s⁻¹, its flash point is 160° C and its density is 0.888 g cm⁻³, which is within the limit values according to EN 14214. In the copper strip corrosion test, 1a indicates light orange, almost the same colour as the newly polished strip. The kinematic viscosity values decreased with the use of butanol and pentanol higher alcohols. EHN contribution, on the other hand, was effective in increasing the heating values and cetane numbers.

Table 5. Fuel properties of safflower biodiesel and blended fuels

Fuels	Kinematic viscosity (mm ² s ⁻¹)	Density (g cm ⁻³)	Water content (ppm)	Calorific Values (Mj kg ⁻¹)	Flash Point (°C)	CFPP (°C)	Cloud Point (°C)	Pour Point (°C)	Cetane Numbers	Copper Strip Corrossion
M ₁₀₀	2.97	0.830	48	45.17	68	-22	-13.9	>-20	55.4	1a
B ₁₀₀	4.57	0.8885	363	40.67	160	-11	-2.6	-15	53.6	1a
M ₈₅ B ₁₀ BU ₅	2.81	0.8379	368	43.84	38	-13	-3.2	>-20	52.3	1a
M ₈₅ B ₁₀ BU ₅ +EHN	2.8	0.8377	358	44.01	39	-11	-2.1	>-20	54.9	1a
M ₈₀ B ₁₀ BU ₁₀	2.66	0.8368	489	43.24	37	-12	-3.2	>-20	51.9	1a
M ₈₀ B ₁₀ BU ₁₀ +EHN	2.65	0.8365	470	43.43	38	-11	-2.2	>-20	54.7	1a
M ₇₀ B ₁₀ BU ₂₀	2.54	0.8339	499	42.40	36	-12	-3.2	>-20	49.2	1a
M ₇₀ B ₁₀ BU ₂₀ +EHN	2.52	0.8337	425	43.21	37	-11	-2	>-20	49.7	1a
M ₇₅ B ₂₀ BU ₅	2.81	0.8384	347	43.23	39	-13	-3.2	>-20	52.1	1a
M ₇₅ B ₂₀ BU ₅ +EHN	2.76	0.8382	325	43.86	40	-11	-2.5	>-20	55.3	1a
M ₇₀ B ₂₀ BU ₁₀	2.79	0.8375	354	42.78	38	-12	-2.5	>-20	51.3	1a
M ₇₀ B ₂₀ BU ₁₀ +EHN	2.75	0.8372	347	43.31	39	-10	-1.4	>-20	53.4	1a
M ₆₀ B ₂₀ BU ₂₀	2.62	0.8351	410	41.42	37	-12	-3.4	>-20	48.8	1a
M ₆₀ B ₂₀ BU ₂₀ +EHN	2.57	0.8348	406	42.10	38	-11	-2.3	>-20	49.3	1a
M ₈₅ B ₁₀ P ₅	2.83	0.8388	332	43.91	50	-14	-3.3	>-20	52.5	1a
M ₈₅ B ₁₀ P ₅ +EHN	2.82	0.8382	326	44.10	51	-12	-2.4	>-20	55.8	1a
M ₈₀ B ₁₀ P ₁₀	2.76	0.8375	350	43.50	49	-13	-3.3	>-20	52.2	1a
M ₈₀ B ₁₀ P ₁₀ +EHN	2.74	0.8373	333	43.96	50	-11	-2.6	>-20	55.4	1a
M ₇₀ B ₁₀ P ₂₀	2.75	0.8347	384	42.68	48	-13	-3.5	>-20	49.5	1a
M ₇₀ B ₁₀ P ₂₀ +EHN	2.66	0.8342	363	42.77	49	-10	-2.7	>-20	50.4	1a
M ₇₅ B ₂₀ P ₅	2.82	0.8383	426	43.84	51	-14	-3.5	>-20	52.5	1a
M ₇₅ B ₂₀ P ₅ +EHN	2.78	0.8381	397	43.96	52	-12	-2.2	>-20	55.6	1a
M ₇₀ B ₂₀ P ₁₀	2.81	0.8379	439	43.64	50	-13	-4.2	>-20	51.5	1a
M ₇₀ B ₂₀ P ₁₀ +EHN	2.8	0.8375	403	43.84	51	-12	-2.9	>-20	53.9	1a
M ₆₀ B ₂₀ P ₂₀	2.71	0.8367	493	42.49	49	-13	-4.2	>-20	49.3	1a
M ₆₀ B ₂₀ P ₂₀ +EHN	2.7	0.8362	461	42.88	50	-11	-3	>-20	50.7	1a

3.2 Exhaust Emission Test Results

3.2.1 Change of carbon monoxide (CO) values

The variation of CO emission values of diesel (M_{100}), biodiesel (B_{100}), and blended fuels (EHN added – non-additive) in exhaust emission tests performed under full load conditions depending on engine revolution speed (min^{-1}) given in Figures 2, 3 and 4.

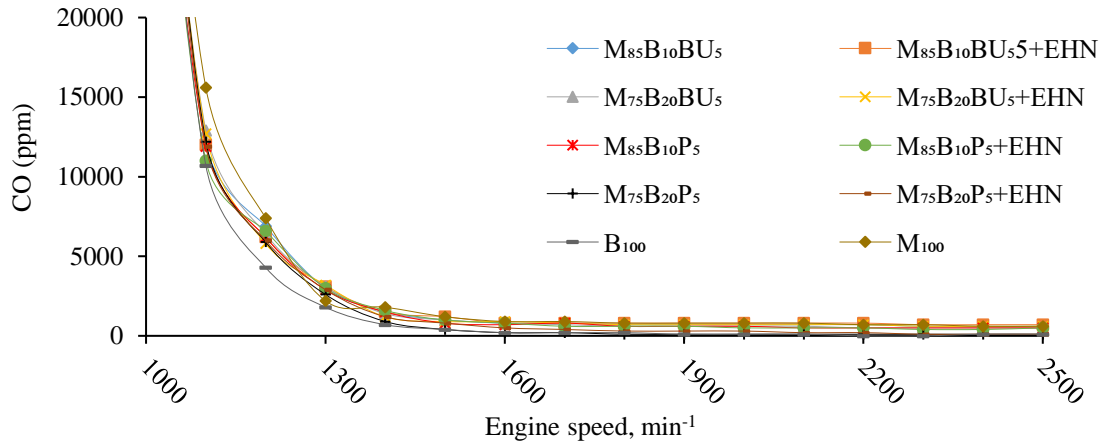


Figure 2. Change in carbon monoxide (CO) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 5% BU or P) depending on engine speed

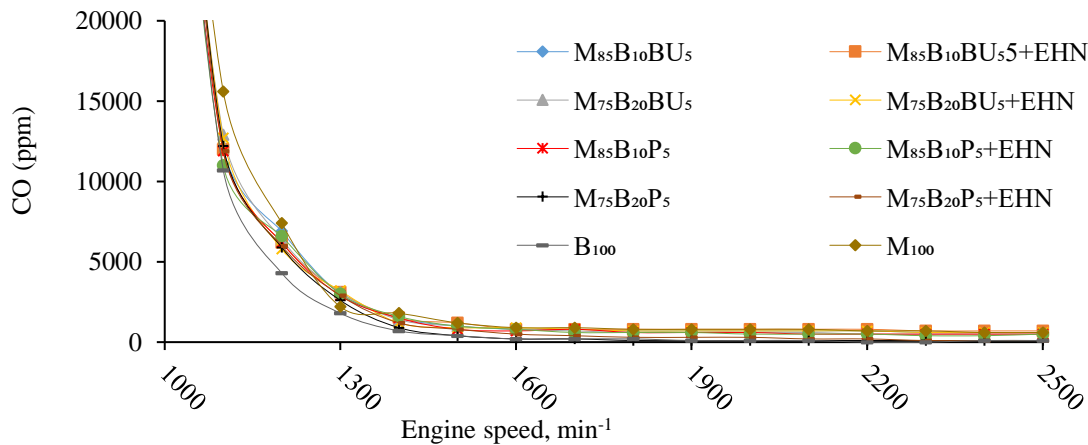


Figure 3. Change in carbon monoxide (CO) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 10% BU or P) depending on engine speed

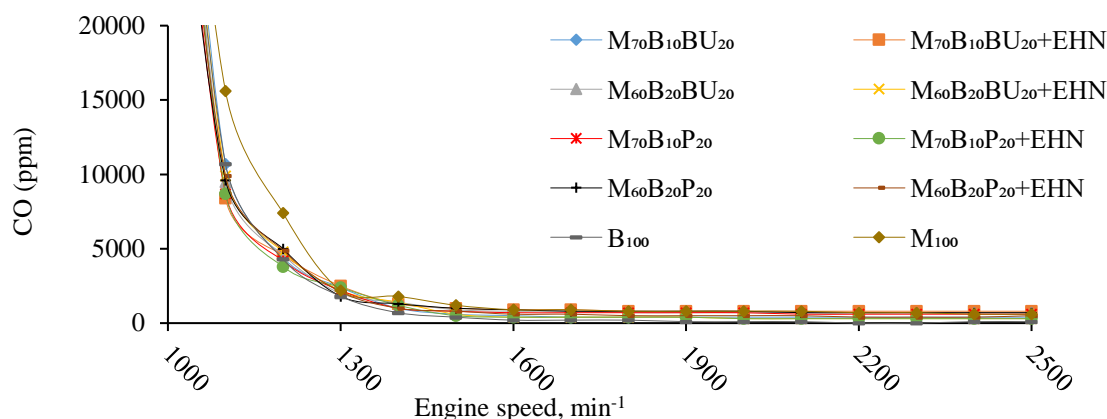


Figure 4. Change in carbon monoxide (CO) emission values of M₁₀₀, B₁₀₀, and mixed fuels (containing 20% BU or P) depending on engine speed

As a result of the comparison of the values of diesel (M₁₀₀) and safflower biodiesel (B₁₀₀) fuels, the CO emission values of M₁₀₀ fuel showed higher values than B₁₀₀ were determined that at all engine speeds. In addition, the difference between the values of both fuels decreased depending on the increase in the engine speed. While the CO emission value of B₁₀₀ fuel was 1800 ppm at 1300 min⁻¹ engine speed at which the maximum engine torque has obtained, this value increased by 400 ppm (22.2%) in M₁₀₀ fuel and became 2200 ppm.

A similar situation is also valid for blended fuels containing 10% and 20% biodiesel by volume. As biodiesel ratio increased (10% and 20%) in blended fuels (with or without EHN additives) containing the same proportion of butanol or pentanol by volume, the average CO emission values of the combustibles in all cycles decreased between 0.3% and 3.8%. This result is similar to the work of Acaroğlu and Köse (2020); Yeşilyurt et al. (2018).

When the CO emission values of the blended fuels containing diesel, biodiesel, and alcohol in the same proportion by volume were compared, it was determined that the CO emission values of the blended fuels containing butanol were higher than the fuels containing pentanol. For example, while the CO emission value of M₆₀B₂₀BU₂₀ blended fuel containing 5% butanol at 1300 min⁻¹ engine speed was 2000 ppm, this value was realized as 1800 ppm with a 10% decrease combustible containing pentanol (M₆₀B₂₀P₂₀) instead of butanol, which has the same ratios. İleri (2016) reported that the average CO emission values of D₇₀S₂₀B₁₀ and D₇₀S₂₀P₁₀ fuels increased by 20.35% and 8.76%, respectively, compared to diesel fuel.

When the average of all cycles examined, CO emissions decreased between 5.5% and 9.1% with the increase of alcohol content in all blended fuels containing both butanol and pentanol (with or without EHN additive). Similar results were also reported by Tüccar et al. (2014); Yeşilyurt et al. (2018). Higher viscosity and density result in weaker atomization and poor fuel distribution in the combustion chamber, resulting in incomplete combustion and higher CO formation (İleri, 2016).

The addition of EHN additives to the fuels slightly increases the CO emission values. Atmanlı (2016b); İleri (2016); İmradul et al. (2016a) is similar to the studies. When EHN is added, HO₂ and H₂O₂ levels decrease and negatively affect OH and CO oxidation. 2-ethylhexyl nitrate (EHN) also causes increased diffusion combustion mixture with locally high equivalence ratios (Rashed et al., 2016)

3.2.2 Change of carbon dioxide (CO_2) values

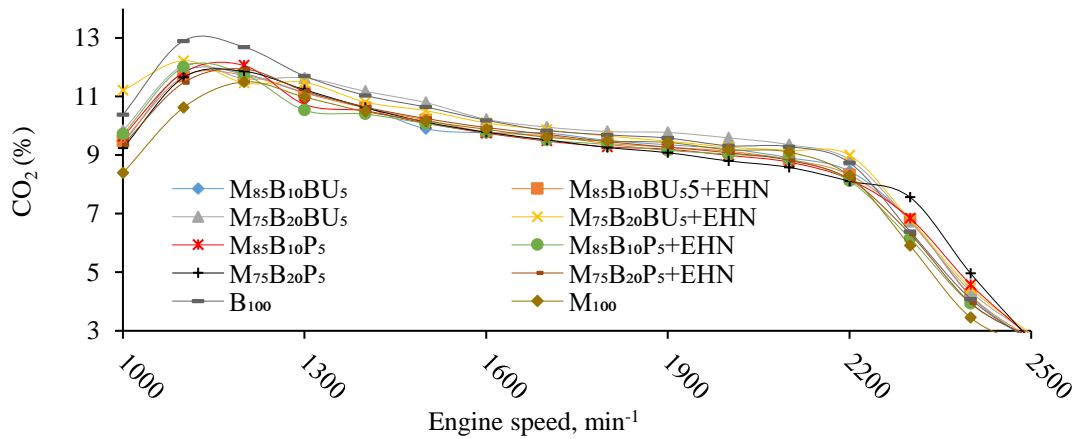


Figure 5. Change in carbon dioxide (CO_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 5% BU or P) depending on engine speed

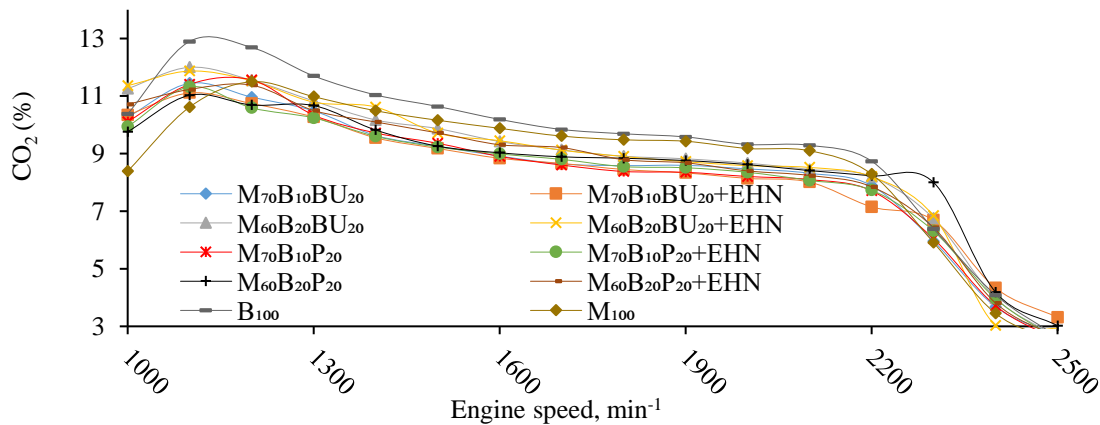


Figure 6. Change in carbon dioxide (CO_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 10% BU or P) depending on engine speed

The variation of CO_2 emission values of diesel (M_{100}), biodiesel (B_{100}), and blended fuels (EHN added – non-additive) in exhaust emission tests performed under full load conditions depending on engine revolution speed (min^{-1}) given in Figures 5, 6 and 7.

CO_2 emissions of all test fuels decreased with increasing engine speed. As the engine speed increases, the air movements and turbulence in the cylinder increase. Thus, it is easier for the fuel injected into the cylinder to form a mixture with the air. Alcohol blends reduced the viscosity of diesel fuel and provided better pulverization of the blend fuel (Yapmaz et al., 2021)

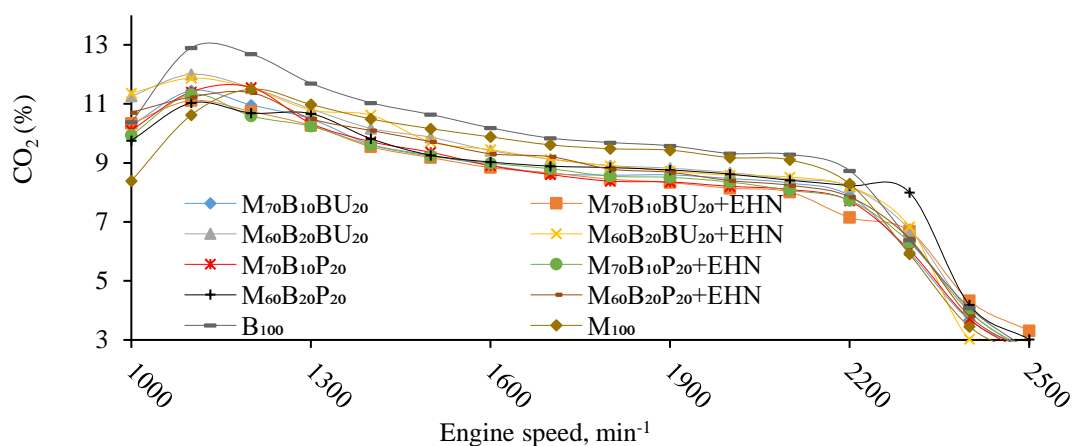


Figure 7. Change in carbon dioxide (CO_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 20% BU or P) depending on engine speed

As a result of the comparison of the values of diesel (M_{100}) and safflower biodiesel (B_{100}) fuels, the CO_2 emission values of M_{100} fuel showed lower values than B_{100} were determined that at all engine speeds. While the CO_2 emission value of the B_{100} fuel was 11.7% at 1300 min^{-1} engine speed at which the maximum engine torque has obtained, this value has determined as 10.98% in the M_{100} fuel. Nanthagopal et al. (2018); Tillem (2005) reported that CO_2 emission values of biodiesel are higher than diesel fuel. In the study of Acaroğlu and Köse (2020), they stated that biodiesel fuel (B_{100}) and mixtures (B_5 and B_7) contribute to combustion since the amount of oxygen is higher than diesel fuel (D_{100}) and the density of biodiesel is higher of than diesel fuel, the total fuel mass increases, the CO_2 emission values are slightly higher. A similar situation is also valid for blended fuels containing 10% and 20% biodiesel by volume. As the biodiesel ratio increases (from 10% to 20%) in the blended fuels containing the same proportion of butanol or pentanol by volume, the average CO_2 emission values of the combustibles in all cycles increased between 0.2% and 5%. This result is similar to Şahin and Öğüt (2018); Yeşilyurt et al. (2018) studies. When the CO_2 emission values of blended fuels containing diesel, biodiesel, and alcohol (butanol or pentanol) at the same volume by volume are compared, the CO_2 emission values of blended fuels containing butanol are higher than fuels containing pentanol. For example, while the CO_2 emission value of the $M_{60}B_{20}BU_{20}$ blended fuel containing 20% butanol at 1300 min^{-1} engine speed was 10.83%, this value decreased slightly to 10.54% in the same combustible containing pentanol instead of butanol ($M_{60}B_{20}P_{20}$).

According to the results of the research, the CO_2 emission of the blended fuels gave similar results to the M_{100} fuel, and a decrease was observed in the emission values when compared to the B_{100} fuel. The reduction in CO_2 emissions for blend fuels may be due to oxygen content and hydrogen molecules in the fuel structures.

CO_2 emissions decreased with an increase of alcohol content (5, 10, and 20 %) in all blended fuels containing both butanol and pentanol. Similar results have also been reported by Lujaji et al. (2011); Yeşilyurt et al. (2018). Since there are fewer carbon atoms in the structure of high alcohols than diesel fuel, the CO_2 emission decreased between 3.7% and 6.9% when the average of all cycles was taken as the alcohol content in the mixtures increased. It has been observed that there is a decrease in CO_2 emissions with the use of EHN additive in fuel mixtures.

3.2.3 Comparison of oxygen (O_2) emission values

The variation of O_2 emission values of diesel (M_{100}), biodiesel (B_{100}), and blended fuels (EHN added – non-additive) in exhaust emission tests performed under full load conditions depending on engine revolution speed (min^{-1}) given in Figures 8, 9 and 10.

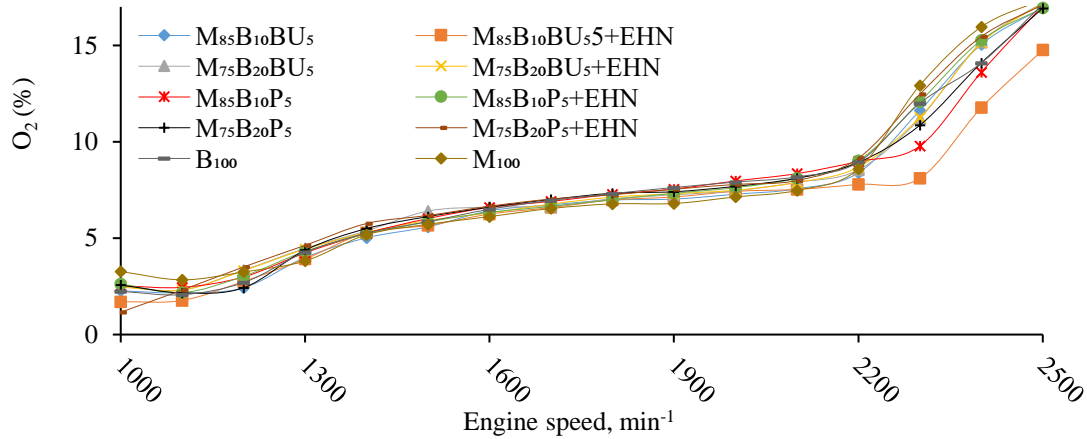


Figure 8. Change in oxygen (O_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 5% BU or P) depending on engine speed

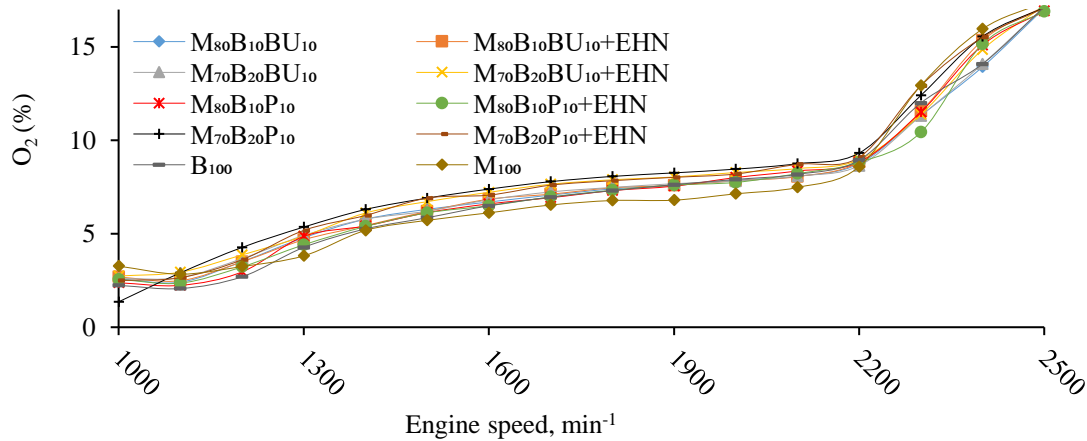


Figure 9. Change in oxygen (O_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 10% BU or P) depending on engine speed

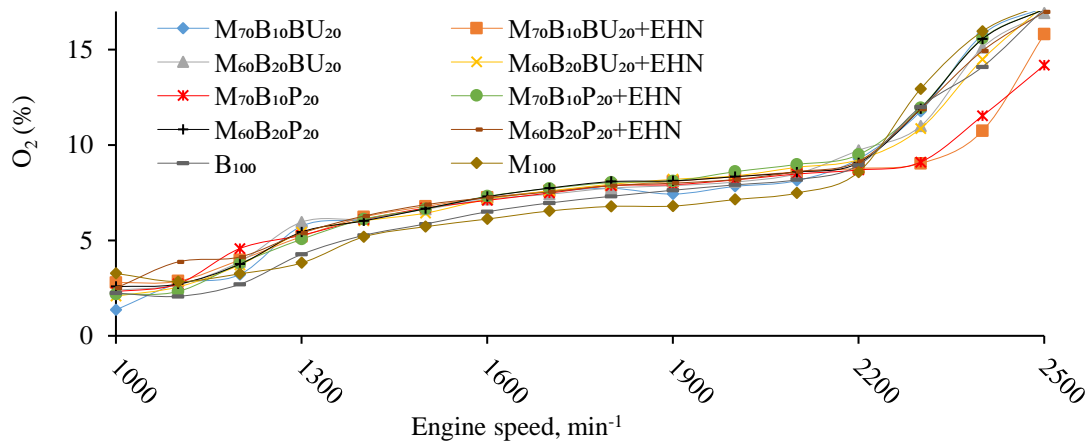


Figure 10. Change in oxygen (O_2) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 20% BU or P) depending on engine speed

As a result of the comparison of the values of diesel (M_{100}) and safflower biodiesel (B_{100}) fuels, the O_2 emission values of M_{100} fuel showed lower values than B_{100} were determined that at all engine speeds. While the O_2 emission value of the B_{100} fuel was 4.27% at 1300 min^{-1} engine speed at which the maximum engine torque has obtained, this value has determined as %3.82 in the M_{100} fuel. Aydın et al. (2012); Tillem (2005); Yeşilyurt et al. (2018)

stated that the least O₂ emission value among all fuels and mixtures was obtained from standard diesel fuel (M₁₀₀). Ağbulut et al. (2019) also reported that diesel fuel causes the lowest O₂ emission since there is no oxygen in its molecular content. A similar situation is also valid for blended fuels containing 10% and 20% biodiesel by volume. As the biodiesel ratio increases (from 10% to 20%) in the blended fuels containing the same proportion of butanol or pentanol by volume, the average O₂ emission values of the combustibles in all cycles increased between 0.3% and 12.8%. This result is similar to Yeşilyurt et al. (2018) studies.

O₂ Emissions of all test fuels increased with increasing engine speed (especially between 2200 rpm and 2500 rpm). The reasons for this increase in O₂ emission are the decrease in the time allocated for combustion at high speeds and the insufficient amount of oxygen to react (Yüksel et al., 2019).

When the O₂ emission values of blended fuels containing diesel, biodiesel, and alcohol (butanol or pentanol) at the same volume by volume are compared, the O₂ emission values of blended fuels containing butanol are relatively lower than fuels containing pentanol. For example, while the O₂ emission value of the M₆₀B₂₀BU₂₀ blended fuel containing 20% butanol at 1300 min⁻¹ engine speed was 5.96%, this value decreased slightly to 5.44% in the same combustible containing pentanol instead of butanol (M₆₀B₂₀P₂₀). Yeşilyurt et al. (2018) also found a similar relationship in their studies. O₂ emissions decreased with an increase of alcohol content (5, 10, and 20 %) in all blended fuels containing both butanol and pentanol. Similar results have also been reported by Yeşilyurt et al. (2018). In general, it has been determined that O₂ emissions are reduced somewhat by adding EHN additives to blended fuels.

3.2.4 Comparison of nitrogen oxide (NO_x) emission values

The variation of NO_x emission values of diesel (M₁₀₀), biodiesel (B₁₀₀), and blended fuels (EHN added – non-additive) in exhaust emission tests performed under full load conditions depending on engine revolution speed (min⁻¹) given in Figures 11, 12 and 13.

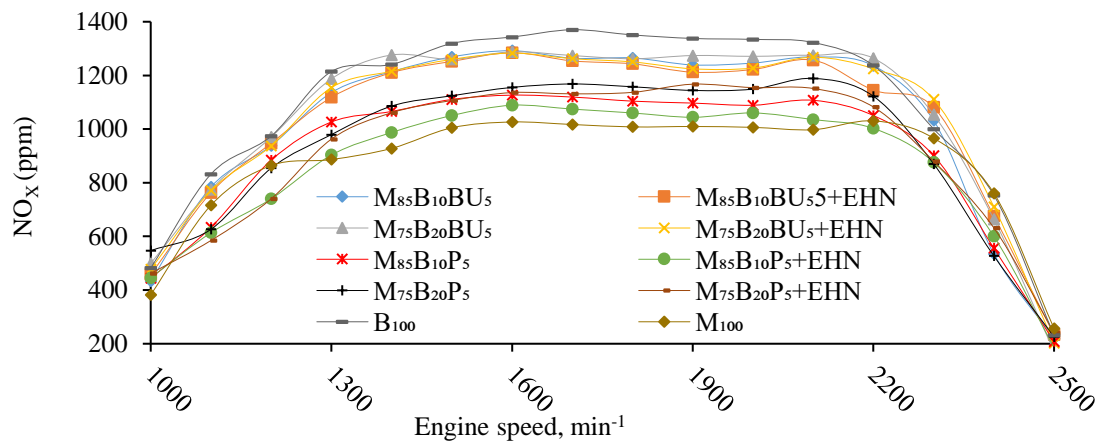


Figure 11. Change in nitrogen oxide (NO_x) emission values of M₁₀₀, B₁₀₀, and mixed fuels (containing 5% BU or P) depending on engine speed

As a result of the comparison of the values of diesel (M₁₀₀) and safflower biodiesel (B₁₀₀) fuels, the NO_x emission values of M₁₀₀ fuel showed lower values than B₁₀₀ were determined that at all engine speeds. While the O₂ emission value of the B₁₀₀ fuel was 1214 ppm at 1300 min⁻¹ engine speed at which the maximum engine torque has obtained, this value has determined as 886 ppm in the M₁₀₀ fuel. The reason why the NO_x emission value is higher in B₁₀₀ fuel compared to diesel is the higher oxygen content it contains. Altun (2010); Tillem (2005) reported in their studies that the combustion temperature of biodiesel fuels increases as a result of containing more oxygen than diesel fuel, and this causes an increase in NO_x emissions due to the high amount of oxygen that can be oxidized with nitrogen in the environment.

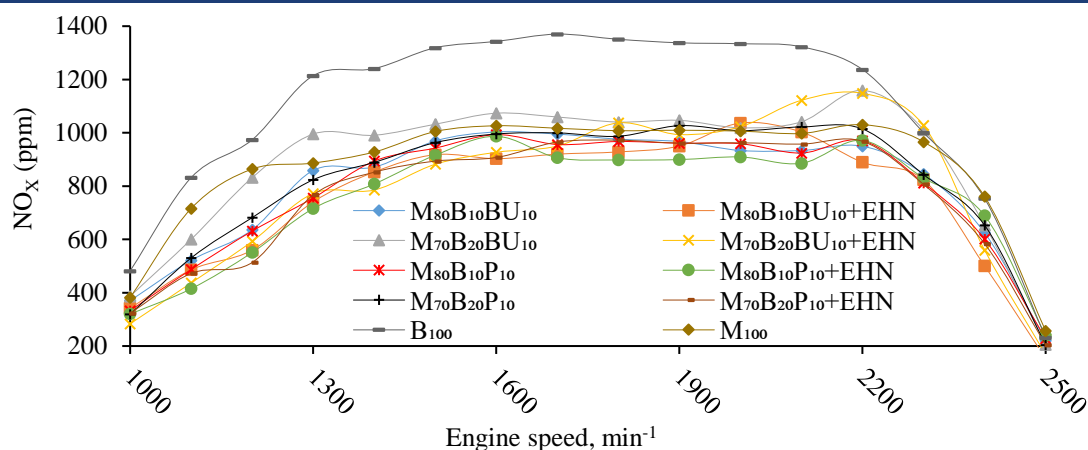


Figure 12. Change in nitrogen oxide (NO_x) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 10% BU or P) depending on engine speed

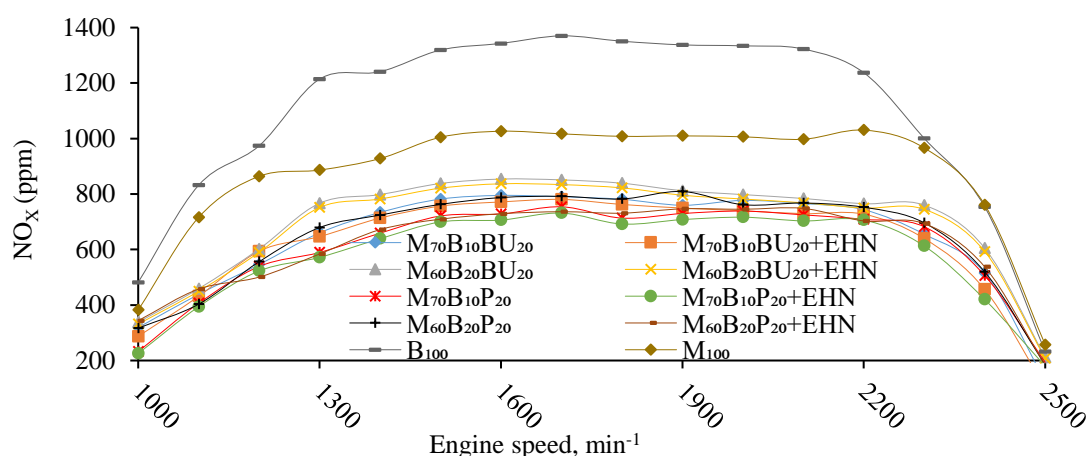


Figure 13. Change in nitrogen oxide (NO_x) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 20% BU or P) depending on engine speed

A similar situation is also valid for blended fuels containing 10% and 20% biodiesel by volume. As the biodiesel ratio increases (from 10% to 20%) in the blended fuels containing the same proportion of butanol or pentanol by volume, the average NO_x emission values of the combustibles in all cycles increased between 1.3% and 11.6%. This result is similar to Manu and Mahla (2014); Reşitoğlu (2010) studies.

It has been observed that the use of butanol and pentanol in blended fuels reduces NO_x emissions compared to diesel fuel. Yeşilyurt (2020) found that fuels containing alcohol have lower NO_x emissions than diesel fuel. Altun (2010) reported that reductions in NO_x emissions were detected in blended fuels containing high percentages of alcohol (10-20%) compared to diesel fuel, and that the cooling effect, combustion temperature and NO_x emissions were reduced due to the low calorific value and high evaporation heat of alcohol fuels.

When the NO_x emission values of blended fuels containing diesel, biodiesel, and alcohol (butanol or pentanol) at the same volume by volume are compared, the NO_x emission values of blended fuels containing butanol are relatively lower than fuels containing pentanol. For example, while the NO_x emission value of the $M_{60}B_{20}BU_{20}$ blended fuel containing 20% butanol at 1300 min^{-1} engine speed was 767 ppm this value decreased slightly to 679 ppm in the same combustible containing pentanol instead of butanol ($M_{60}B_{20}P_{20}$). Atmanlı (2016a); Nanthagopal et al. (2018) also found a similar relationship in their studies.

When the average of all cycles examined, NO_x emissions decreased between 30% and 40% with the increase of alcohol content in all blended fuels containing both butanol and pentanol (with or without EHN additive).

Similar results found by Manu and Mahla (2014); Yilmaz et al. (2014) also have been reported in their study. The addition of EHN additives to the fuels slightly decreases the NO_x emission values. Similar results were also reported by Atmanlı (2016b). Although nitrogen molecules in the chemical structure of EHN accelerate NO production, increasing the cetane number shortens the duration of the premixed combustion phase, increasing the ignition delay and reducing the ignition delay. As a result, the combustion temperature and thermal NO_x are reduced. Also, the increase in the cetane number accelerates the generation of free radicals, which promotes the formation of free radicals, which can remove hydrogen atoms from mixtures that restrict the oxidation of hydrocarbon and nitrogen atoms, thus reducing NO_x (Imdadul et al., 2016b).

3.2.5 Comparison of hydrocarbon (HC) emission values

The variation of HC emission values of diesel (M₁₀₀), biodiesel (B₁₀₀), and blended fuels (EHN added – non-additive) in exhaust emission tests performed under full load conditions depending on engine revolution speed (min⁻¹) given in Figures 14, 15 and 16.

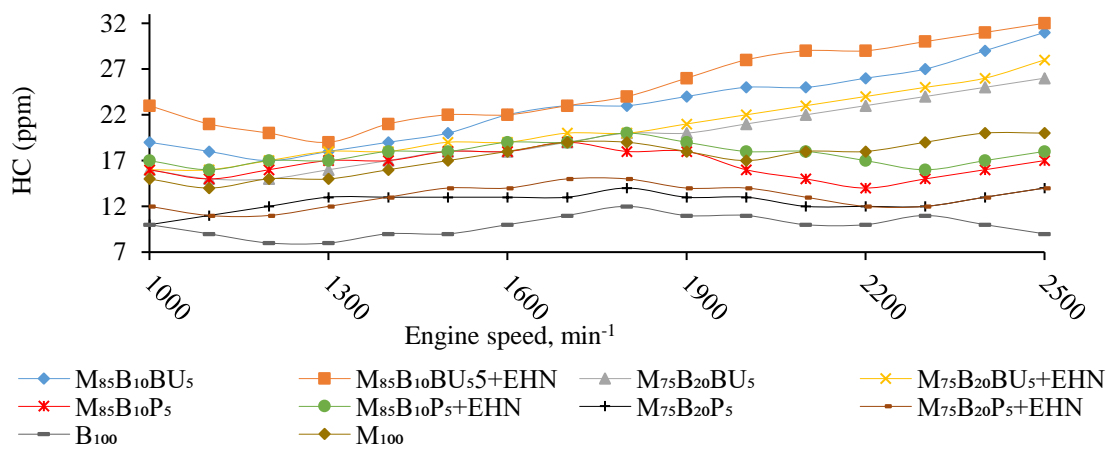


Figure 14. Change in hydrocarbon (HC) emission values of M₁₀₀, B₁₀₀, and mixed fuels (containing 5% BU or P) depending on engine speed

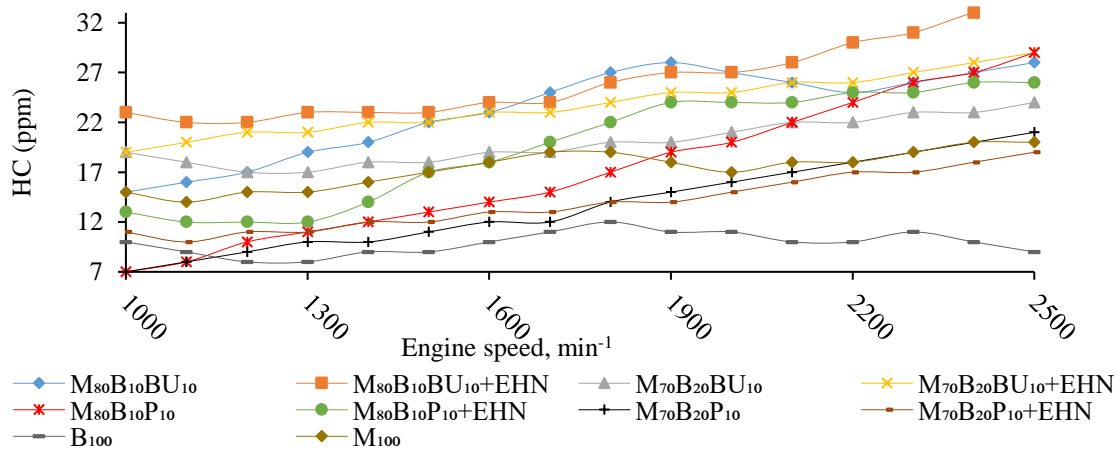


Figure 15. Change in hydrocarbon (HC) emission values of M₁₀₀, B₁₀₀, and mixed fuels (containing 10% BU or P) depending on engine speed

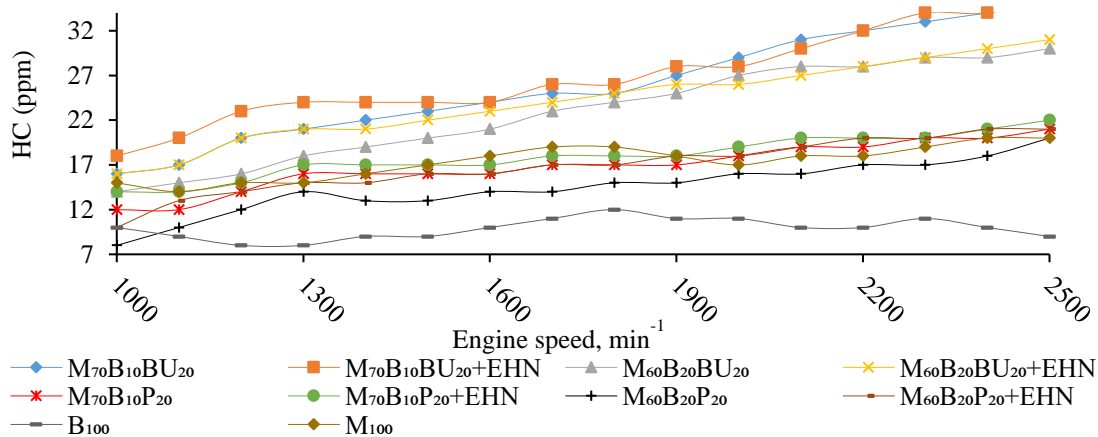


Figure 16. Change in hydrocarbon (HC) emission values of M_{100} , B_{100} , and mixed fuels (containing 20% BU or P) depending on engine speed

As a result of the comparison of the values of diesel (M_{100}) and safflower biodiesel (B_{100}) fuels, the HC emission values of M_{100} fuel showed higher values than B_{100} were determined that at all engine speeds. While the HC emission value of the B_{100} fuel was 8 ppm at 1300 min^{-1} engine speed at which the maximum engine torque has obtained, this value has determined as 14 ppm in the M_{100} fuel. Since diesel (M_{100}) does not contain oxygen in its molecular content, HC emissions are higher than B_{100} fuel. Similar results were also reported by Aydın et al. (2012); Rajasekar (2016).

A similar situation is also valid for blended fuels containing 10% and 20% biodiesel by volume. As the biodiesel ratio increases (from 10% to 20%) in the blended fuels containing the same proportion of butanol or pentanol by volume, the average HC emission values of the combustibles in all cycles decreased between 6% and 29%. Imdadul et al. (2016b) also obtained similar results in the study.

When the HC emission values of blended fuels containing diesel, biodiesel, and alcohol (butanol or pentanol) at the same volume by volume are compared, the HC emission values of blended fuels containing butanol are relatively higher than fuels containing pentanol. For example, while the HC emission value of the $M_{60}B_{20}BU_{20}$ blended fuel containing 20% butanol at 1300 min^{-1} engine speed was 14 ppm this value increased to 18 ppm in the same combustible containing pentanol instead of butanol ($M_{60}B_{20}P_{20}$). While the average HC values of butanol-containing blended fuels (with and without EHN additives) increased up to 55% compared to M_{100} fuel, it was determined that fuels containing pentanol were at low or very close values. It is also seen in the study conducted by Atmanlı (2016a) that fuels containing butanol increase HC emissions more than fuels containing pentanol.

When the average of all cycles examined, HC emissions decreased between 1% and 29% with the increase of alcohol content in all blended fuels containing both butanol and pentanol (with or without EHN additive). This can be explained by the low cetane number and high evaporation temperature of alcohols. Since the low cetane number and high heat of evaporation cause the ignition delay and shortening of the combustion time, complete combustion cannot take place, and as a result, HC emission occurs. Yilmaz et al. (2014) reported that an increase in butanol ratio by volume increases HC emission, Imdadul et al. (2016b) reported that an increase in pentanol by volume increases HC emission. Similar relationships were found by Kumar and Saravanan (2016); Nanthagopal et al. (2018); Rajasekar (2016); Zhu et al. (2016) and suggested the use of high alcohols at low rates to improve emissions.

When the averages of the fuel mixtures in all cycles are examined, the HC emissions of the blend fuels with the addition of EHN increased compared to the blend fuels without the addition of EHN. The addition of EHN to the mixtures increases the cooling effect in the cylinder, which leads to high HC emissions. In addition, this increase is due to the decrease in oxidative free radical formation. EHN helps increase the cetane number of the

mixture, but also shortens the time available for the fuel-air mixture (Imdadul et al., 2016b); Imdadul et al. (2017)) reported that the addition of EHN to pentanol fuel mixtures increased the HC emission values.

4. Conclusions

The lowest average CO emission value was obtained in B₁₀₀ with 4012 ppm, and in M₆₀B₂₀P₂₀ fuel with 4056 ppm from blended fuels. The highest CO emission value was found in M₁₀₀ fuel with 5293 ppm, and the highest value in M₈₅B₁₀BU₅+EHN combustible with 4850 ppm among blended combustibles.

The lowest average CO₂ emission value of 8.23% was found in M₇₀B₁₀P₂₀+EHN fuel. The fuel that gave the highest CO₂ emission value was B₁₀₀ with 9.32%, and M₇₅B₂₀BU₅ combustible with 9.29% in blended fuels.

- The lowest average HC emission value was found 9.9 ppm in B₁₀₀ fuel and 12.6 ppm in M₇₅B₂₀P₅ fuel from blended fuels. The highest HC emission was obtained from M₇₀B₁₀BU₂₀+EHN combustible with a value of 26.9 ppm.

- The lowest average O₂ emission value of 6.59% was found in M₈₅B₁₀BU₅+EHN fuel, and the highest O₂ emission value was determined in M₆₀B₂₀P₂₀+EHN fuel with 8.09%.

- The lowest average NO_x emission was determined at 576 ppm in M₇₀B₁₀P₂₀+EHN fuel. The highest value obtained from B₁₀₀ with 1089 ppm, and M₇₅B₂₀BU₅ with 1047 ppm among mixed fuels.

It has been determined that the 2-Ethylhexyl Nitrate additive, which is used as an additive in the mixtures, has positive effects on improving emissions.

Funding Information

This research was supported by a grant from Center of Scientific Research Project of Selçuk University (BAP Project Number: 18101007).

References

- Acaroğlu, M., Köse, H. (2020). Cynara Cardunculus' dan üretilen biyodizel ve karışımlarının İçten yanmalı motorların yanma karakteristikleri ve emisyonları üzerine etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(3): 1275-1292.
- Ağbulut, Ü., Sarıdemir, S., Albayrak, S. (2019). Experimental investigation of combustion, performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with diesel–biodiesel–alcohol blends. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(9): 1-12.
- Altun, Ş. (2010). Dizel motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde biyodizel yakıtların etkisi. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1): 9-19.
- Arslan, B., Çakır, H., Culpan, E. (2019). Yeni Geliştirilen Aspir (*Carthamus Tinctorius L.*) Çeşitlerinin Bazı Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi. 27 - 29 Aralık, P. 113-121. Samsun, Türkiye.
- Arslan, Y., Bayraktar, N. (2016). Farklı Azot ve fosfor seviyelerinin Ankara ekolojik koşullarında aspir (*Carthamus tinctorious L.*) bitkisinin yağ oranı ve kompozisyonu üzerine etkisi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 13(3).
- Atmanlı, A. (2016a). Comparative analyses of diesel–waste oil biodiesel and propanol, n-butanol or 1-pentanol blends in a diesel engine. *Fuel*, 176: 209-215.
- Atmanlı, A. (2016b). Effects of a cetane improver on fuel properties and engine characteristics of a diesel engine fueled with the blends of diesel, hazelnut oil and higher carbon alcohol. *Fuel*, 172: 209-217.
- Atmanlı, A., Yüksel, B., İleri, E., Karaoğlan, A.D. (2015). Response surface methodology based optimization of diesel–n-butanol–cotton oil ternary blend ratios to improve engine performance and exhaust emission characteristics. *Energy Conversion and Management*, 90: 383-394.
- Aydın, S., Aydın, H., İlkılıç, C. (2012). Biyodizelin hava kirliliğine etkisi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2): 329-338.
- Culpan, E., Arslan, B. (2022). F2 kademesindeki oleik ve yarı oleik aspir genotiplerinin (*Carthamus tinctorius L.*) bazı morfolojik ve teknolojik karakterlerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 156-165.
- Imdadul, H., Masjuki, H., Kalam, M., Zulkifli, N., Alabdulkarem, A., Rashed, M., Ashraful, A. (2016a). Influences of ignition improver additive on ternary (diesel-biodiesel-higher alcohol) blends thermal stability and diesel engine performance. *Energy Conversion and Management*, 123: 252-264.
- Imdadul, H., Masjuki, H., Kalam, M., Zulkifli, N., Alabdulkarem, A., Rashed, M., . . . How, H. (2016b). Higher alcohol–biodiesel–diesel blends: an approach for improving the performance, emission, and combustion of a light-duty diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 111: 174-185.
- Imdadul, H., Rashed, M., Şahin, M., Masjuki, H., Kalam, M., Kamruzzaman, M., . . . Management. (2017). Quality improvement of biodiesel blends using different promising fuel additives to reduce fuel consumption and NO emission from CI engine. *Energy Conversion and Management*, 138: 327-337.
- İleri, E. (2016). Experimental study of 2-ethylhexyl nitrate effects on engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with n-butanol or 1-pentanol diesel–sunflower oil blends. *Energy conversion and management*, 118: 320-330.
- Jiaqiang, E., Zhao, X., Xie, L., Zhang, B., Chen, J., Zuo, Q., . . . Zhang, Z. (2019). Performance enhancement of microwave assisted regeneration in a wall-flow diesel particulate filter based on field synergy theory. *Energy*, 169: 719-729.
- Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, M.S. (2009). Geleceğin alternatif enerji kaynağı biyoetanölün önemi ve sorgum bitkisi. *KSU Journal of Engineering Sciences*, 12(1): 24-33.
- Keskin, A., Yaşar, A., Reşitoğlu, İ., Akar, M. A., Sugözü, İ. (2013). The influence of diesel fuel-biodiesel-ethanol-butanol blends on the performance and emission characteristics of a diesel engine. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35(19): 1873-1881.
- Kumar, B.R., Saravanan, S. (2016). Use of higher alcohol biofuels in diesel engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 84-115.
- Li, L., Wang, J., Wang, Z., Xiao, J. (2015). Combustion and emission characteristics of diesel engine fueled with diesel/biodiesel/pentanol fuel blends. *Fuel*, 156: 211-218.
- Lujaji, F., Kristóf, L., Bereczky, A., Mbarawa, M. (2011). Experimental investigation of fuel properties, engine performance, combustion and emissions of blends containing croton oil, butanol, and diesel on a CI engine. *Fuel*, 90(2): 505-510.
- Manu, J. (2014). Experimental investigations on the utilization of waste cooking oil based biodiesel & n-butanol in CI Engine. PhD Thesis. Thapar University, Patiala, India.
- Nanthagopal, K., Ashok, B., Saravanan, B., Patel, D., Sudarshan, B., Ramasamy, R.A. (2018). An assessment on the effects of 1-pentanol and 1-butanol as additives with Calophyllum Inophyllum biodiesel. *Energy conversion and management*, 158: 70-80.
- Narin, M. (2008). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Tarım. 2. Ulusal İktisat Kongresi. 20-22 Şubat. İzmir. Türkiye.

- Öğüt, H., Aknerdem, F., Pehlivan, E., Aydın, M., Oğuz, H. (2004). Türkiye’de Bazı Yağ Bitkilerinden Biyodizel Üretim Prosesleri Ve Dizel Motorlarda Kullanımının Tarım, Çevre, Gıda, Kimya Ve Teknolojik Boyutlarıyla Araştırılması: DPT Proje (2004/7).
- Öğüt, H., Oğuz, H., Aydın, F. (2022). Experimental analysis of energy, performance and noise emissions for biodiesel fuel obtained from animal waste fat. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41(5): e13847.
- Örs, A. (2016). *Biyodizel bütanol karışımlarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Özer, S. (2014). Alkollerin içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(1): 97-114.
- Rajasekar, V. (2016). Experimental investigations to study the effect of butanol and pentanol addition in a jatropha oil methyl ester fuelled compression ignition engine. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(1): 665-668.
- Rashed, M., Masjuki, H., Kalam, M., Alabdulkarem, A., Imdadul, H., Rashedul, H., . . . Habibullah, M. (2016). A comprehensive study on the improvement of oxidation stability and NO_x emission levels by antioxidant addition to biodiesel blends in a light-duty diesel engine. *RSC advances*, 6(27): 22436-22446.
- Reşitoğlu, İ. (2010). *Atık yağlardan üretilmiş biyodizelin dizel motor performans ve emisyonuna etkisinin deneysel olarak araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Şahin, S., Öğüt, H. (2018). Investigation of the effects of linseed oil biodiesel and diesel fuel blends on engine performance and exhaust emissions. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 7(4): 149-157.
- Şahin, Z., Durgun, O., Aksu, O.N. (2015). Experimental investigation of n-butanol/diesel fuel blends and n-butanol fumigation–evaluation of engine performance, exhaust emissions, heat release and flammability analysis. *Energy conversion and management*, 103: 778-789.
- Tillem, İ. (2005). *Dizel motorları için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı*. (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Tüccar, G., Özgür, T., Aydın, K. (2014). Effect of diesel–microalgae biodiesel–butanol blends on performance and emissions of diesel engine. *Fuel*, 132: 47-52.
- Yapmaz, A., Vargün, M., Yılmaz, İ.T. (2021). Effect of Alcohol Blends on Emissions in Common Rail Diesel Engine. *International Symposium on Automotive Science and Technology*. 8-10 September, Ankara, Turkey.
- Yeşilyurt, M.K. (2020). Dizel yakıtına farklı ağır alkoller (1-Bütanol, 1-Pentanol ve 1-Hekzanol) ilave edilmesinin tek silindirli bir dizel motorunun performans, yanma ve egzoz emisyon karakteristiklerine etkileri. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12(2): 397-426.
- Yeşilyurt, M.K., Eryılmaz, T., Arslan, M. (2018). A comparative analysis of the engine performance, exhaust emissions and combustion behaviors of a compression ignition engine fuelled with biodiesel/diesel/1-butanol (C4 alcohol) and biodiesel/diesel/n-pentanol (C5 alcohol) fuel blends. *Energy*, 165: 1332-1351.
- Yılmaz, N., Atmanlı, A. (2016). Havacılıkta alternatif yakıt kullanılmasının incelenmesi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 3-10.
- Yılmaz, N., Vigil, F.M., Benalil, K., Davis, S.M., Calva, A. (2014). Effect of biodiesel–butanol fuel blends on emissions and performance characteristics of a diesel engine. *Fuel*, 135: 46-50.
- Yüksel, T., Temizer, İ., İbrahim, C., Ferhat, K. (2019). Benzinli bir motorda ısıtılmış biyoetanolin ikincil yakıt olarak kullanımının incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1): 67-77.
- Zhu, L., Xiao, Y., Cheung, C., Guan, C., Huang, Z. (2016). Combustion, gaseous and particulate emission of a diesel engine fueled with n-pentanol (C5 alcohol) blended with waste cooking oil biodiesel. *Applied Thermal Engineering*, 102: 73-79.

Laktik Asit Bazlı Propolis İlavesinin Taze Çilek Suyunun Raf Ömrüne Etkisi

The Effect of Lactic Acid Based Propolis Addition on The Shelf Life of Fresh Strawberry Juice

Merve Gözde ALBAŞ¹, Başak GÜRBÜZ^{2*}, Esra BÖLÜK³, Didem SÖZERİ ATİK⁴, Hasan Murat VELİOĞLU⁵, İbrahim PALABIYIK⁶**Öz**

Çilek antosiyaninler, karotenoidler, vitaminler, flavonoidler, aroma uçucuları ve fenolik madde içeriği yüksek doğal bir antioksidan ve diğer biyoaktif fitokimyasalları içermektedir. Çilek çabuk bozulan bir meyvedir ve depolama süresince antioksidan kaybı, insan sağlığına olan faydalarını azaltmaktadır. Günümüzde çilek, meyve suyu olarak da çokça tercih edilmekte ancak raf ömrünün kısa olması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Meyve suyu işleme teknolojisi ve kullanılan kimyasal maddeler, ürünün besin içeriğine olumsuz etkisi olabilir. Bu çalışmada, çilek suyuna doğal bir koruyucu madde olarak laktik asit bazlı propolis ekstraktı farklı oranlarda (%0, %0.4, %0.7 ve %1) ilave edilmiştir. Çalışmada propolis solüsyonunun koruyucu etkisi 14 güne kadar test edilmiştir. Elde edilen örneklerde pH, toplam aerobik mezofilik bakteri (TMAB), küf-maya, renk, toplam fenolik madde ve duyu analizleri gerçekleştirilmiştir. Depolama sonunda en düşük pH değeri %1 propolis ekstraktı ilaveli örnekte 2.20 olarak ölçülmüştür. Örneklerin küf ve maya sayıları 4.86-7.36 log kob/mL arasında değişiklik göstermiştir. Çilek suyuna eklenen propolis konsantrasyonu arttıkça örneklerin küf-maya sayılarında azalmalar tespit edilmiştir. Depolamanın 14. günü en düşük TMAB sayısı %0.7 propolis ekstraktı ilaveli örnekte 2.90 log kob/mL olarak ölçülmüştür. Çilek sularına ilave edilen propolis ekstraktı oranı arttıkça örneklerin TMAB sayılarında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Çilek sularının fenolik madde içerikleri 512.85 GAE mg kg⁻¹ ile 2896.19 GAE mg kg⁻¹ arasında belirlenmiş ve çilek sularına ilave edilen propolis ekstraktı oranı arttıkça toplam fenolik madde içeriklerinin arttığı saptanmıştır (p<0.05). Optimum olarak %0.7 propolis solüsyonu ilaveli çilek suyu örneği tercih edilmiştir. Bulgulara göre, laktik asit bazlı propolis ekstraktının çilek suyu ve potansiyel olarak diğer meyve sularında doğal bir koruyucu olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek suyu, Propolis, Fenolikler, Fonksiyonel gıdalar, Doğal koruyucular

¹ Merve Gözde Albaş, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye. E-mail: mervegozde14@gmail.com

^{2*} Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Başak Gürbüz, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye.

E-mail: basakgurbuz5@gmail.com OrcID: 0000-0002-7690-7640

³ Esra Bölük, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye. E-mail: esraboluk20@gmail.com OrcID: 0000-0003-0515-487X

⁴ Didem Sözeri Atik, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye. E-mail: dsozeri@nku.edu.tr OrcID: 0000-0002-8547-7304

⁵ Hasan Murat Velioglu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye. E-mail: mvelioglu@nku.edu.tr OrcID: 0000-0002-8275-6965

⁶ İbrahim Palabiyik, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ ve Türkiye. E-mail: ipalabiyik@nku.edu.tr OrcID: 0000-0001-8850-1819

Atıf/Citation: Albaş, M.G., Gürbüz, B., Bölük, E., Sözeri Atik, D., Velioglu, H.M., Palabiyik İ. Laktik asit bazlı propolis ilavesinin taze çilek suyunun raf ömrüne etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 788-797.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Anthocyanins, carotenoids, vitamins, flavonoids, aroma volatiles, and phenolics are among the natural antioxidants and other bioactive phytochemicals found in strawberries. Strawberry and strawberry juice is a perishable fruit, and as a result of the loss of antioxidants during storage, its health advantages to humans are diminished. It is now frequently used as strawberry fruit juice. The technique employed in juice processing, as well as the chemicals utilized, may have a negative impact on the nutritional content of the product. In this study, propolis extraction, lactic acid-based propolis extract was added to strawberry juice at varied rates (%0, %0,4, %0,7 ve %1), which has a high solvent effect and is not detrimental to health. The preservation effect of propolis emulsion on strawberry juice was tested in this study for up to 14 days. Strawberry juice was added with lactic acid-based propolis extract, which is non-toxic to humans, at various rates (%0, %0.4, %0.7 and %1). In the samples obtained, pH, total viable, mold-yeast, color, total phenolic substance and sensory analyzes performed. At the end of storage, the lowest pH value was measured as 2.20 in the sample with 1% propolis extract. The mold and yeast levels ranged from 4.86-7.36 log cfu/mL in the samples. As the concentration of propolis added to the strawberry juice increased, it was determined that the number of mold yeasts in the samples decreased. The sample with 0.7% propolis extract had the lowest total number of organisms on the 14th day of storage, with 2.90 log cfu/mL. It was determined that as the ratio of propolis extract added to strawberry juices increased, there was a decrease in the total number of viable samples. The phenolic content of strawberry juices was determined between 512.85 GAE mg kg⁻¹ and 2896.19 GAE mg kg⁻¹, and it was determined that the total phenolic content increased as the ratio of propolis extract added to the strawberry juices increased (p<0.05). Strawberry juice with 0,7% propolis solution is preferred as optimum. Propolis can be utilized as a natural preservative in strawberry juice or other fruit juices instead of chemical preservatives, according to the findings.

Keywords: Strawberry juice, Propolis, Phenolics, Functional foods, Natural preservatives

1. Giriş

Çokça tüketilen üzüksü bir meyve olan çilek; kendine has renk, tat ve aroması ile popüler meyveler arasında yer almaktadır (Padula ve ark., 2013). Çilek, mineral ve vitamin içeriğinin yüksek olmasının yanı sıra antisyoinler ve fenolik bileşenler gibi serbest radikallere karşı koruma sağlayan antioksidan bileşikleride yüksek düzeyde ihtiva etmektedir. Çilekler sağlıklı esansiyel yağ asitleri kaynağıdır ve çilek çekirdeğide doymamış yağ asitleri bakımından zengindir (Giampieri ve ark., 2012). Çilek yüksek düzeyde fitokimyasal bileşikler içermesisebebiyle kanser, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu, bağışıklık sistemini güçlendirici, diş ve cilt sağlığını iyileştirici etkilere sahiptir (Çağlar ve Demirci, 2017). Çilekler genellikle taze veya dondurulmuş olarak tüketilmektedir. Ayrıca çilekler; reçel, jöle, püre, şarap, nektar, konsantre ve meyve suyu gibi çeşitli işlenmiş ürünler şeklinde de mevcuttur (Muley ve Singhal, 2020).

Meyve suları, beslenme ve sağlıkla olan ilişkisi sebebiyle insan diyetinde önemli bir rol oynamaktadır. Günümüz tüketicileri uygun maliyete yüksek besinsel ve fonksiyonel kaliteye ve uzun raf ömrüne sahip meyve sularını tercih etmektedir (Yıldız ve ark., 2021). Fakat meyvelerin yüksek karbondioksit içeriğide ve enzim aktivitesi sebebiyle bozulmaya karşı oldukça hassastırlar. Özellikle mayaların neden olduğu gıda bozulmaları, maya aktivitelerinin bir sonucu olarak organoleptik, fiziksel ve duyuşsal özelliklerinde gözle görülür veya saptanabilir değişikliklerden oluşmaktadır. En bilinen değişiklikler şekerli veya şekerlessitli içeceklerde meydana gelir ve paketleri deforme edebilen veya patlatabilen bol gaz üretimi, bulanıklık, tortu veya partikül oluşumu, hafif bir fermantasyon kokusunun hâkim olduğu kötü tatlara (alkol, karbondioksit ve esterler) sebep olabilmektedir. Günümüzde gıdaların mayalar tarafından bozulması, gıda endüstrilerinde gıdanın maliyetini ve bulunabilirliğini etkileyen en önemli sorundur (Tyagi ve ark., 2014).

Meyve sularının raf ömrü, meyve suyu uygun işleme teknolojisi kullanılmadığı sürece çeşitli mikrobiyal, kimyasal, fiziksel ve enzimatik değişikliklerle sınırlanabilir (Bates ve ark., 2001). Kimyasal veya sentetik antimikrobiyal ajanların ve gıda koruyucularının kullanımı, enfeksiyon ve mikrobiyal gelişmeyi kontrol etmek için kullanılan en eski tekniklerdir. Bununla birlikte sentetik ajanların zararlı etkileri ile artan kanıtlar sebebiyle eklenen koruyucuların miktarını azaltmak için sürekli talep vardır (Burt, 2004). Isıl işlem ise yasal gereklilikleri karşılamak ve meyve suyu bozulmalarını engellemek için yaygın olarak kullanılmasına rağmen uygulanan sıcaklık değerlerinin ürünlerin besin içeriğide üzerindeki olumsuz etkileri, ısı olmayan gıda işleme tekniklerini araştırmak için motivasyon haline gelmiştir. Bu bağlamda, ısı olmayan işlemler, işlenmiş ürünün besinsel ve fonksiyonel özelliklerini korumak, gerekli mikrobiyal inaktivasyon seviyesini sağlamak ve ürünün raf ömrünü uzatmak için güçlü bir alternatif haline gelmiştir (Guerrouj ve ark., 2016).

Propolis, bal arılarının salgılarına topladıkları çeşitli bitki tomurcuklarından elde ettikleri reçinelere karıştırılarak ürettikleri ve kovanların yapımında kullandıkları çok fonksiyonlu bir malzemedir (Gümüş ve Apaydın, 2018); (Yang ve ark. 2017). Propolis eski zamanlardan beri farklı alanlarda kullanılan doğal bir maddedir. Ham propoliste 300'ün üzerinde bileşen saptanmıştır. Propolis bileşiminde; kafeik asit fenetil ester (CAPE), artemillin C, kuersetin, galangin, kaempferide gibi biyoaktif bileşenler bulunmaktadır (Shapla ve ark., 2018). Propolis bu bileşikler sayesinde, antiviral, antimikrobiyal, antioksidan, antiinflatuvar (ödem azaltıcı) antitümöröl, immünomodülatör (bağışıklık modüler) ve hepatoprotektif (karaciğer koruyucu) aktiviteler gibi çeşitli nitelikler sağlamaktadır (İsla ve ark., 2011).

Modern dünyada propolis şekerlemelerin, biyofarmasötiklerin, kozmetiklerin bir bileşeni olarak kullanılmakta ve doğal bir koruyucu olarak popülerlik kazanmaktadır. Biyoaktif bileşenlerin kaynağı olan propolis gıda ve içeceklerde raf ömrünü arttırmaya ayrıca tüketici sağlığını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Güler ve ark., 2022); (Osés ve ark., 2016). Fakat propolisli ürünlerin keskin aroma ve tadı sebebiyle duyuşsal problemi olarak görülmektedir. Propolis ekstraktları hazırlanırken uygun çözücü seçilmesi ve gıdaya göre dozunun ayarlanması önemli parametrelerdir (Yakut ve Atasever, 2021).

Çin'de yapılan bir çalışmada, portakal suyunda kullanılan koruyucu maddelerle (sodyum benzoat, potasyum sorbat gibi) etil alkol bazlı propolis ekstraktının koruyucu etkisi karşılaştırılmıştır. Benzer oranlarda propolis solüsyonu ve kimyasal koruyucular eklenmiş ve propolis katkılı ürünlerde bakteri gelişiminin önemli oranda engellediğide belirtilmiştir (Yang ve ark., 2017).

Benzer bir çalışmada, elma suyuna propilen glikol bazlı propolis ekstraktı ile beraber hafif ısı işlemi uygulanmıştır. Propolis ekstraktı ve ısı etkisiyle bakteriyel gelişimin önemli ölçüde önlendiği ve düşük pastörize elma suyu elde edilebileceğini ifade edilmiştir (Luis-Villaroya ve ark., 2015).

Vanilin ve geraniolün ile zenginleştirilmiş çilek sularının kalite parametreleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada; vanilin ve geraniolün mikroorganizma gelişimini azalttığı, vanilin ilavesiyle toplam fenolik madde içeriğinin arttığı tespit edilmiştir (Cassini ve ark., 2016).

Literatür bilgilerine göre, çilek suyu antosiyanin ve C vitamini gibi sağlıkla ilgili bileşiklerin iyi bir kaynağıdır ve bu sayede yüksek antioksidan aktivitelere sahiptir. Günümüz meyve suyu endüstrisinde patojen mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırmak için pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır. Pastörizasyon, mikrobiyal patojenlerin ve bozulma organizmalarını engellese de meyve sularında renk, aroma, vitamin ve mineral kaybı gibi istenmeyen değişiklikler oluşturmaktadır. Bilinçli tüketiciler, kimyasal ve sentetik koruyucu madde içermeyen daha taze ve sağlıklı gıdaları tercih etmektedirler. Bu nedenle, günümüzün pazar talebine hitap edebilmek için çilek sularının mikrobiyal güvenliğini sağlayabilecek etkili doğal koruyucuların kullanımı umut verici fırsatlar sunmaktadır. Ancak meyve sularında doğal koruyucu olarak kullanılan propolislerin çözücülerinin sağlığa zararlı etkileri ile karşılaşmaktadır. Bu çalışmada ise literatür ve sektörden elde edilen bilgiler doğrultusunda saptanan eksikliklerden yola çıkarak, propolis ekstraksiyonu için çözücü etkisi yüksek ve sağlığa zararı olmayan laktik asit bazlı propolis solventi temin edilmiş ve farklı oranlarda taze çilek suyuna eklenmiştir. Elde edilen meyve sularının, fenolik bileşen analizi ile toplam fenolik madde miktarı, küf-maya ve TMAB analizleri, pH, renk ölçüm analizleri ve duyu analizi sonuçları değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Laktik asit bazlı alkolsüz propolis ekstraktı piyasadan (Api10, Apipark Arıcılık Üretim A.Ş, Türkiye) temin edilmiştir. Çilek suyu (Çilekevi, Alacaoglu/Lüleburgaz) yerel çilek tarlasından toplanan mahsullerden elde edilmiştir. Laktik asit bazlı propolis ekstraktı ilaveli çilek suları Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Gıda Laboratuvarında üretilmiştir. Çilek sularının toplam fenolik madde tayininde; Folin Ciocalteu Reaktif (FCR), (Sigma-Aldrich) ve Na₂CO₃ (Sigma-Aldric), mikrobiyolojik analizlerinde; serum fizyolojik, PDA (Patato Dextroz Agar; Merck, Darmstadt, Almanya) ve PCA (Plate Count Agar; Merck, Darmstadt, Almanya) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Propolis ekstraktı eklenmiş çilek suyu üretimi

Çilek sularına %0, %0.4, %0.7 ve %1 oranlarında laktik asitli propolis solüsyonu ve %1 laktik asit (LA) eklenmiştir. Hazırlanan çilek suyu örnekleri +4 °C 14 gün depolanmış ve depolamanın 0, 7 ve 14. günlerinde örneklerin analizleri yapılmıştır.

2.2.2. pH Analizi

Laktik asit bazlı propolis ekstraktı ile güçlendirilmiş çilek suyu örneklerinin pH değeri kalibrasyonu tamamlandıktan sonra pH metre (Interlab, Turkey) ile ölçülmüştür (Atik ve ark., 2021).

2.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Örneklerden 1 mL alınarak 9 mL'lik steril %85'lik serum fizyolojik sıvısına ilave edilmiş ve seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Küf-maya sayımı için %10'luk tartarik asit %1 eklenen PDA (Patato Dextroz Agar; Merck, Darmstadt, Almanya) agar kullanılmıştır. Hazırlanan besiyerleri 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. TMAB sayımı için PCA (Plate Count Agar; Merck, Darmstadt, Almanya) agar kullanılmış ve besiyerleri 30 °C'de 2 gün inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır (Cassani ve ark., 2017).

2.2.4. Toplam Fenolik Madde Analizi

Örneklerin toplam fenolik madde miktarını belirlemek için Folin-Ciocalteu ayracı kullanılmıştır. Örnek filtrattan 0,5 mL alınıp üzerine 7 mL su ve 0,5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenerek karıştırılmış ve 3 dakika bekletilmiştir. Ardından 5 mL %20'lik doymuş Na₂CO₃ çözeltisinden eklenerek 25 °C'de su banyosunda

bekletilen örnekler 720 nm dalga boyunca, şahit örneğe karşı okunmuştur. Sonuçlar gallik asit ile çizilmiş standart eğri ile hesaplanmış ve mg GAE/kg olarak verilmiştir (Aşkın ve ark., 2015).

2.2.5. Renk Analizi

Örneklerin renk ölçümü CIELab (Konica Minolta CR-5, Japan) renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Cihazın kalibrasyonunun ardından örnekler sıvı numuneler için uygun kaba yerleştirilmiş ve L*, a* ve b* değerleri okunmuştur (Buvé ve ark., 2018).

2.2.6. Duyusal Analiz

Örneklerin duyusal analizleri Barkaoui ve ark., (2021) tarafından sunulan kriterlere göre yapılmıştır. Örneklerin duyusal değerlendirilmesi depolamanın ilk günü 7 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmede bulunan panelistler örnekleri 1 (hiç beğenmedim), 1-2 (beğenmedim), 2-3 (orta derecede beğendim), 3-4 (beğendim) ve 4-5 (çok beğendim) şeklinde puanlamışlardır.

2.2.7. İstatistiksel Analizler

Hazırlanan örnekleri incelemek için ANOVA (tek yönlü varyans analizi), JMP 5.0.1 (SAS Institute) programı kullanılarak yapılmıştır. $p < 0.05$ derecesine göre önemli çıkan veriler arasındaki fark Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Meyve ve türevlerinde mikrobiyolojik bozulmaya neden olan en önemli etken küf ve mayalardır. Mezofilik mikroorganizmalar, TMAB mikroorganizma sayısının bir göstergesidir ve endojen mikrofloranın ve ürünün maruz kaldığı kontaminasyon hakkında bilgi vermektedir (Ponce ve ark., 2008).

Şekil 1'de laktik asit bazlı propolis solüsyonu eklenmiş çilek suyu örneklerinin pH ölçümleri verilmiştir. Örneklerin pH değerleri 3.10 ile 1.98 arasında bulunmuştur. Tüm çilek suyu örneklerinde depolama süresinin 7. gününde pH değerlerinde düşüşler gözlenmiştir ($p < 0.05$). Depolama periyodunun sonunda %0.4 ve %0.7 propolis ekstraktı ilave edilmiş örneklerin pH değerlerinde artış gözlenirken %1 propolis ekstraktı ilaveli örneklerde düşüş tespit edilmiştir.

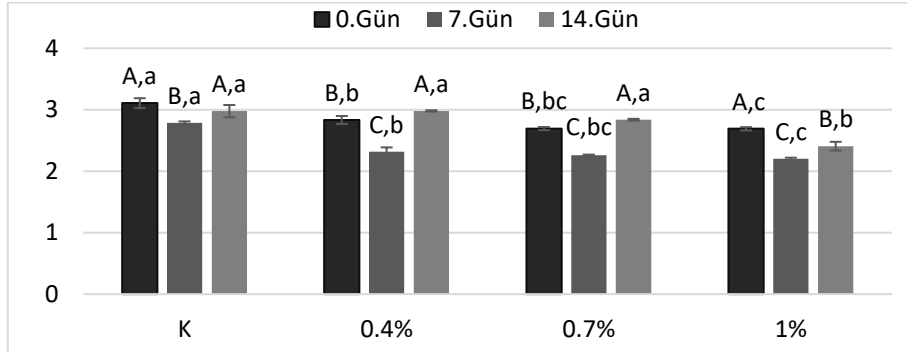


Figure 1. pH analysis results of samples

Şekil 1. Örneklerin pH analiz sonuçları

Tablo 1'de laktik asit bazlı propolis solüsyonu eklenmiş çilek suyu örneklerinin TMAB, küf-maya sayıları verilmiştir. Örneklerin küf-maya sayılarının 4.86 log kob/mL ile 7.36 log kob/mL arasında olduğu bulunmuştur. Avalos-Llano ve ark. (2020) taze meyvelerde ve meyve sularında küf ve maya sayılarının en fazla 7 log kob/g olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamız sonucunda oluşan mikroorganizma sayıları bu sınırın altındadır. Tüm çilek suyu örneklerinde farklı konsantrasyonlarda (%0.4, %0.7 ve %1) depolama periyodunun 7. gününde küf-maya sayıları artış göstermektedir ($p < 0.05$). 14 günlük depolama süresinin sonunda 7. güne göre kontrol ve %0.4 propolis ekstraktı içeren örneğin küf-maya sayısında önemli bir fark gözlenmezken ($p > 0.05$), %0.7 ve %1 konsantrasyonlardaki propolis ekstraktı içeren örneklerin küf-maya sayılarında önemli azalma saptanmıştır ($p < 0.05$). Laktik asit ilaveli çilek suyunun (LA) küf-maya sayısı 7 log kob/mL olarak tespit edilmiş ve depolama süresince herhangi bir fark olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Çilek suyuna eklenen propolis konsantrasyonu arttıkça

örneklerin küf-maya sayılarında azalmalar tespit edilmiştir. Depolama periyodunun sonunda, %1 propolis ilaveli çilek suyu örneğinde en düşük küf-maya canlılığı belirlenmiştir. Farklı oranlarda propolis içeren çilek suyu örneklerinin TMAB sayıları incelendiğinde tüm örneklerde depolama boyunca önemli azalmalar gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Örneklerin TMAB sayıları 2.90 log kob/mL ile 5.63 log kob/mL arasında değişmiştir. LA örneğinin TMAB sayısı 3.49 log kob/mL olarak tespit edilmiş ve depolama süresince herhangi bir fark olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$). Buradan propolisin laktik asit çözücüsü üzerinde de mikroorganizmaları inhibe ettiği görülmektedir. Yüksek fenolik madde içeriği ve bakteriler tarafından oluşan metabolitler farklı bakterilerin çoğalmasını önleyebilmektedir. Peinado ve ark. (2015) sağlıklı çilek püreleri ürünleri elde etmek için izomaltuloz, pektin, sitrik asit ve ısıl işlemin koruyucu etkilerini inceledikleri çalışmaların sitrik asit gibi gıda koruyucularının kullanımının mikroorganizmaların gelişmesini önlediğini bildirmişlerdir. Portakal suyunun raf ömrünü doğal koruyucu ekleyerek iyileştirmek için yapılan bir çalışmada etanol bazlı propolis ekstraktı ilavesinin önemli ölçüde inhibisyon etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Yang ve ark., 2017). Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 1. Küf-maya ve TMAB analiz sonuçları

Table 1. Mold-yeast and TMAB analysis results

		0.gün	7.gün	14.gün
Küf-maya	K	6.24±0.02 ^{B,b}	7.36±0.11 ^{A,a}	7.09±0.02 ^{A,a}
	%0.4	5.31±0.05 ^{B,c}	7.12±0.21 ^{A,a}	6.66±0.10 ^{A,b}
	%0.7	5.28±0.01 ^{B,c}	7.03±0.48 ^{A,a}	5.32±0.00 ^{B,c}
	%1	5.24±0.00 ^{A,c}	5.29±0.02 ^{A,b}	4.86±0.01 ^{B,d}
	LA	7.00±0.12 ^{A,a}	7.00±0.10 ^{A,a}	7.03±0.10 ^{A,a}
TMAB	K	4.58±0.21 ^{A,ab}	3.60±0.04 ^{B,a}	3.58±0.26 ^{B,a}
	%0.4	4.82±0.24 ^{A,a}	3.36±0.22 ^{B,a}	3.78±0.16 ^{B,a}
	%0.7	5.63±0.39 ^{A,a}	3.16±0.18 ^{B,a}	2.90±0.06 ^{B,c}
	%1	5.04±0.43 ^{A,a}	3.46±0.04 ^{B,a}	2.93±0.03 ^{B,bc}
	LA	3.49±0.00 ^{A,b}	3.65±0.21 ^{A,a}	3.48±0.02 ^{A,ab}

Büyük harfler aynı örneklerin depolama süreleri arasındaki farkı, küçük harfler ise aynı depolama zamanına sahip örneklerin farklı konsantrasyonları arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Örneklerin renk analiz sonuçları *Tablo 2*'de verilmiştir. Çilek suyu örneklerine L*, a* ve b* ($p<0.05$) değerleri üzerine laktik asit bazlı propolis ekstraktı ilavesinin ve depolama süresinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Renk analiz sonuçları

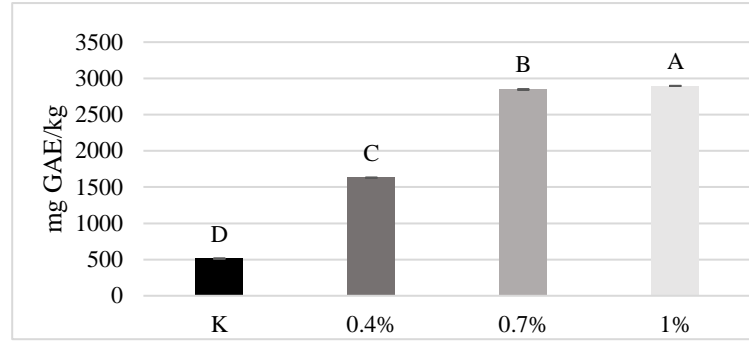
Table 2. Color analysis results

		0.gün	7.gün	14.gün
L* değeri	K	7.68±0.02 ^{A,a}	5.95±0.00 ^{B,a}	3.70±0.02 ^{C,d}
	%0.4	6.55±0.03 ^{A,b}	4.75±0.02 ^{B,c}	4.61±0.01 ^{C,a}
	%0.7	5.85±0.01 ^{A,c}	4.83±0.02 ^{B,b}	4.54±0.01 ^{C,b}
a* değeri	%1	5.42±0.02 ^{A,d}	4.24±0.00 ^{B,d}	4.18±0.02 ^{C,c}
	K	28.00±0.01 ^{A,a}	25.83±0.00 ^{B,a}	18.49±0.04 ^{C,c}
	%0.4	27.02±0.07 ^{A,b}	23.04±0.02 ^{B,c}	22.25±0.02 ^{C,a}
b* değeri	%0.7	25.77±0.11 ^{A,c}	23.43±0.02 ^{B,b}	22.24±0.00 ^{C,a}
	%1	25.10±0.04 ^{A,d}	21.42±0.02 ^{B,d}	20.94±0.03 ^{C,b}
	K	12.98±0.03 ^{A,a}	9.97±0.01 ^{B,a}	6.10±0.00 ^{C,c}
	%0.4	11.01±0.03 ^{A,b}	7.86±0.05 ^{B,c}	7.66±0.06 ^{C,a}
	%0.7	9.81±0.07 ^{A,c}	8.02±0.04 ^{B,b}	7.61±0.05 ^{C,a}
	%1	9.09±0.03 ^{A,d}	7.03±0.05 ^{B,d}	6.97±0.04 ^{B,b}

Büyük harfler aynı örneklerin depolama süreleri arasındaki farkı, küçük harfler ise aynı depolama zamanına sahip örneklerin farklı konsantrasyonları arasındaki farkı göstermektedir ($p<0.05$).

Örneklerin L* değerlerinin depolama süresince genelde azaldığı, 0. günde propolis ekstraktı ilavesinin L* değerini düşürdüğü ancak 14 gün depolama sonunda propolis ekstraktı ilavesi arttıkça L* değerinin arttığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Pozitif değerlerinin çilek suyuna özgü kırmızılığı gösterdiği a* değerlerinin depolama periyoduyla ve propolis ekstraktı ilavesiyle azaldığı görülmüştür ancak 14 günlük depolama sonunda a* değerleri en yüksek çilek sularının propolis ekstraktı ilaveli örnekler olduğu görülmüştür. Örneklerin b* değerlerinin ise depolama süresince azaldığı gözlenmiştir. Ancak b* değeri ile propolis ekstraktı ilavesi arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir. Peinado ve ark. (2015) doğal korucularla çilek püreleri üretimi gerçekleştirdikleri çalışmada depolama zamanının artmasına bağlı olarak L*, a* ve b* değerlerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Depolama sırasında renk parametrelerindeki bu azalma çileğin renginden sorumlu başlıca fenolik bileşenler olan kırmızı antosiyanin pigmentlerinin bozulmasına bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

Şekil 2' de toplam fenolik madde sonuçları verilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri 2896.19 GAE mg kg⁻¹ ile 512.8571 GAE mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Çilek sularına ilave edilen laktik asit bazlı propolis ekstraktı oranı arttıkça çilek sularının toplam fenolik madde içerikleri de artış göstermiştir ($p<0.05$). Yang ve ark. (2017) portakal suyunun raf ömrünü propolis ekstraktı ekleyerek inceledikleri çalışmada propolisin fenolik içeriğine bağlı olarak portakal sularının toplam fenolik madde içeriğinin arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 2. Örneklerin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/kg)

Figure 2. Total phenolic content of samples

Tablo 3'te laktik asit bazlı propolis ekstraktı eklenmiş çilek suyu örneklerinin duyuşsal değerlendirme sonuçları verilmiştir. Çilek suyu örneklerinin tat, koku, renk, ekşilik ve genel kabul edilebilirlik özellikleri üzerine propolis ekstraktı ilavesinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Tüm duyuşsal parametrelerde propolis ekstraktı ilavesiz çilek suyu kontrol örneği ile %0.4 ve %0.7 propolis ekstraktı ilaveli örneklerde istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, çilek suyuna %0.7'e kadar laktik asit bazlı propolis ekstraktı ilave edildiğinde propolis duyuşsal açıdan fark edilemeyeceğini göstermektedir. %1 propolis çözeltisi ilave edilen örneklerin tüm özellikler açısından aldığı puanlar diğer örneklere göre daha düşük bulunmuştur ($p>0.05$). Ek olarak, çilek sularının tat ve koku özellikleri incelendiğinde örneklerin propolis miktarına bağlı olarak hafif düşüşler gözlenmiş fakat genel beğeni puanlarını etkilememiştir. Gıdalarda acı ve buruk tadın oluşmasında fenolik bileşikler önemli etkilendirler. Bu sebeple, %1 propolis ekstraktı ilaveli çilek suyu örneklerinin kontrol örneğine göre daha az puanlar almasında propolis içerisindeki yüksek fenolik madde içeriğinin etkili olduğu düşünülmektedir. Luis-Villaroya ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada ticari elma suyuna propilen glikol bazlı propolis ekstraktı (%0.005, %0.01 ve %0.02) ilave etmişler ve propolis ilave edilen örneklerin duyuşsal puanlarının kontrol örneğine göre daha düşük olduğunu ve daha az beğenildiğini fakat örneklerin içerisindeki propolis oranları panelistlere belirtildikten sonra ürünü alma isteklerinin pozitif olduğunu belirtmişlerdir. Fakat bizim çalışmamızın aksine çok daha az oranlarda propolis ekstraktı eklemelerine rağmen ürünlerin duyuşsal olarak beğenilmemesinin propolisin çözücüsü kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kontrol elma suyunun daha çok beğenilmesinin nedenlerinden biri elma sularına ilave edilen propilen glikol bazlı propolis ekstraktının tadından dolayı olduğu söylenebilir. Bu açıdan laktik asidin de gıdaların duyuşsal özelliklerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmüştür ve propolisin acı tadını iyi maskeleyişi tespit edilmiştir.

Tablo 3. Duyusal değerlendirme analiz sonuçları*Table 3. Sensory evaluation analysis results*

	K	%0,4	%0,7	%1
Tat	4.14±1.21 ^A	3.28±1.11 ^{AB}	3.00±1.15 ^{AB}	2.00±1.00 ^B
Koku	4.00±1.15 ^A	3.85±0.69 ^A	2.85±0.69 ^{AB}	2.42±0.97 ^B
Renk	4.42±0.78 ^A	4.14±1.06 ^A	4.14±1.06 ^A	4.00±1.00 ^A
Ekşilik	2.71±1.11 ^{AB}	4.28±0.95 ^A	3.28±1.25 ^{AB}	2.42±1.39 ^B
Genel beğeni	3.71±1.11 ^{AB}	4.00±1.15 ^A	3.28±0.48 ^{AB}	2.14±1.06 ^B

Büyük harfler duysal kriterlerin örneklerin konsantrasyonları arasındaki farkı temsil etmektedir (p<0.05).

4. Sonuç

Çilek suyu üretiminde mikroorganizma gelişimini inhibe etmek için pastörizasyon işlemine alternatif olarak doğal bir koruyucu madde olan propolis çilek suyunun raf ömrünü uzatmak ve kalitesini iyileştirmek için önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak propolisin doğal koruyucu madde olarak kullanılacak çalışmalarda çözücü seçimleri dikkate alınmalıdır. Özellikle gıda endüstrisinde kullanılacak solüsyon ya da ekstraktların toksik etkisi bulunmayan çözücülerle hazırlanması, alınması beklenen fayda ile paralel bir şekilde önem kazanmaktadır. Çilek suyu üretiminde mikroorganizmalara karşı ısı işlem yerine propolis ekstraktı kullanılması çilek meyvesinin antioksidan özelliklerini korumasını ve tüm bu faydalı özelliklerin meyve suyuna geçişini desteklemektedir. Bu durumda elde edilen sonuçlar doğrultusunda, çilek suyu üretiminde laktik asit bazlı propolis ekstraktı kullanımının faydalı ve güvenli koruyucu madde olarak ısı işlemine alternatif başarılı bir çözüm olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

- Aşkın, B., Öcal, Y., Atılğan, S., Tatlıcı, N., Atılğan, T., Küçüköner, E. (2015). Altın çilek suyunda (*Physalis peruviana* L.) randıman ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine mayşe enzimasyonunun etkisi. *Gıda*, 40(5): 279-286.
- Atik, D.S., Gürbüz, B., Bölük, E., Palabıyık, İ. (2021). Development of vegan kefir fortified with *Spirulina platensis*. *Food Bioscience*, 42:101050.
- Avalos-Llano, K.R., Molina, R.S., Sgrosso, S.C. (2020). UV-C Treatment applied alone or combined with orange juice to improve the bioactive properties, microbiological, and sensory quality of fresh-cut strawberries. *Food and Bioprocess Technology*, 13(9): 1528-1543.
- Barkaoui, S., Mankai, M., Miloud, N.B., Kraïem, M., Madureira, J., Verde, S.C., Boudhrioua, N. (2021). Effect of gamma radiation coupled to refrigeration on antioxidant capacity, sensory properties and shelf life of strawberries. *LWT-Food Science and Technology*, 150: 112088.
- Bates, R.P., Morris, J.R., Crandall, P.G. (2001). Principles and practices of small-and medium-scale fruit juice processing (No. 146). Food & Agriculture Organization.
- Buvé, C., Kebede, B.T., De Batselier, C., Carrillo, C., Pham, H.T., Hendrickx, M., Van Loey, A. (2018). Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 216: 42-51.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International journal of food microbiology*, 94(3): 223-253.
- Cassani, L., Tomadoni, B., Moreira, M.D.R., Ponce, A., Agüero, M.V. (2017). Optimization of inulin: Oligofructose proportion and non-thermal processing to enhance microbiological and sensory properties of fiber-enriched strawberry juice. *LWT-Food Science and Technology*, 80: 446-455.
- Cassani, L., Tomadoni, B., Viacava, G., Ponce, A., Moreira, M.D.R. (2016). Enhancing quality attributes of fiber-enriched strawberry juice by application of vanillin or geraniol. *LWT-Food Science and Technology*, 72: 90-98.
- Çağlar, M., Demirci, M. (2017). Üzümü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenme üzerindeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11): 18-26.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1): 9-19.
- Guerrouj, K., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R.M., Marín-Iñiesta, F. (2016). Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. *Food and Bioprocess Technology*, 99, 20-28.
- Güler, G., Şen, A., Turgud, F.K., Tahtacı, E., Ağma Okur, A., Samli, H.E. (2022). Serbest gezen tavuklardan elde edilen yumurtaların propolis ekstraktı ile kaplanmasının raf ömrü ve kalite parametrelerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 89-100.
- Gümüş, T., Apaydın, H. (2018). Hazır çorbalardan izole edilen *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı propolisin inhibitör etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1): 67-75.
- Isla, M.I., Craig, A., Ordoñez, R., Zampini, C., Savago, J., Bedascarrasbure, E., Maldonado, L. (2011). Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina *LWT-Food Science and Technology*, 44(9):1922-1930.
- Luis-Villaroya, A., Espina, L., García-Gonzalo, D., Bayarri, S., Pérez, C., Pagán, R. (2015). Bioactive properties of a propolis-based dietary supplement and its use in combination with mild heat for apple juice preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 205: 90-97.
- Muley, A.B., Singhal, R.S. (2020). Extension of postharvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate. *Food Chemistry*, 329: 127213.
- Osés, S.M., Pascual-Maté, A., Fernández-Muiño, M.A., López-Díaz, T.M., Sancho, M.T. (2016). Bioactive properties of honey with propolis. *Food chemistry*, 196: 1215-1223.
- Padula, M.C., Lepore, L., Milella, L., Ovesna, J., Malafrente, N., Martelli, G., de Tommasi, N. (2013). Cultivar based selection and genetic analysis of strawberry fruits with high levels of health promoting compounds. *Food chemistry*, 140(4): 639-646.
- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A., Andrés, A. (2015). Use of isomaltulose to formulate healthy spreadable strawberry products. Application of response surface methodology. *Food Bioscience*, 9: 47-59.
- Ponce, A.G., Agüero, M.V., Roura, S.I., Del Valle, C.E., Moreira, M.R. (2008). Dynamics of indigenous microbial populations of butter head lettuce grown in mulch and on bare soil. *Journal of Food Science*, 73(6): M257-M263.
- Shapla, U.M., Raihan, J., Islam, A., Alam, F., Solayman, N., Gan, S.H., Khalil, I. (2018). Propolis: The future therapy against *Helicobacter pylori*-mediated gastrointestinal diseases. *Journal of Applied Biomedicine*, 16(2): 81-99.
- Tyagi, A.K., Gottardi, D., Malik, A., Guerzoni, M.E. (2014). Chemical composition, in vitro anti-yeast activity and fruit juice preservation potential of lemon grass oil. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2): 731-737.
- Yakut, U., Atasever, M. (2021). Doğal ve fonksiyonel bir gıda katkı maddesi: Propolis. *Bozok Veterinary Sciences*, 2(1): 10-15.

- Yang, W., Wu, Z., Huang, Z.Y., Miao, X. (2017). Preservation of orange juice using propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11): 3375-3383.
- Yildiz, S., Pokhrel, P.R., Unluturk, S., Barbosa-Cánovas, G.V. (2021). Shelf life extension of strawberry juice by equivalent ultrasound, high pressure, and pulsed electric fields processes. *Food Research International*, 140: 110040.

Türkiye’de Yetiştirilen Pekin Ördeklerinde Büyüme Hormonu Geni Polimorfizmi*


Growth Hormone Gene Polymorphism in Pekin Ducks Reared in Turkey


Candan ERİŞ¹, Cengiz ELMACI^{2*}

Öz

Moleküler genetik alanındaki gelişmeler çiftlik hayvanlarının morfolojik ve fizyolojik birçok özelliklerini etkileyen genlerin veya belirteçlerin tanımlanmasına yol açmıştır. Bu özelliklerin moleküler temeli, fonksiyonel genomik yöntemlerle ortaya çıkarılmakta ve belirteç destekli seleksiyon (MAS) yoluyla çiftlik hayvanlarında genetik ıslah programlarını geliştirme fırsatları sağlamaktadır. Hayvanlarda çeşitli verim ve üreme performanslarının MAS yoluyla artırılması amacıyla çeşitli aday genler üzerinde durulmaktadır. Üzerinde durulan bu aday genlerden birisi de büyüme hormonu genidir. Bu çalışmanın temel amacı, Pekin ördeklerinde büyüme hormonu geninin 2., 3. ve 4. intronlarındaki polimorfizmleri araştırmaktır. Bu amaçla Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Çiftliğinde yetiştirilen her iki cinsiyetten (79 erkek ve 38 dişi) toplam 117 adet yetişkin Pekin ördeğinden alınan kan örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Büyüme hormonu geninin 2., 3. ve 4. intronlarındaki genetik polimorfizm, üç primer çifti ile PCR-RFLP yönteminde *BsmF1* restriksiyon enzimi kullanılarak araştırılmıştır. Kesim sonrası elde edilen DNA parçalarının ayırımı için %2’lik agaroz jel elektroforezi uygulanmıştır. PCR-RFLP analizleri sonucunda sadece 2. intron bölgesinde polimorfizm belirlenmiştir. 2. intron bölgesinden çoğaltılan parçanın *BsmF1* restriksiyon enzimi ile kesimi sonucu bu bölgede TT (765 bç), CT (765, 593 ve 172 bç) ve CC (593 ve 172 bç) olmak üzere üç genotip tespit edilmiş ve T ve C allellerinin frekansları da sırasıyla 0,75 ve 0,25 olarak hesaplanmıştır. Çalışılan populasyonda büyüme hormonu geni 2. intron bölgesinde gözlenen değerlerle beklenen değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmadığından ($P>0.05$) ele alınan populasyonun Hardy-Weinberg dengesinde olduğu anlaşılmıştır. 3. ve 4. intronlarda ise genetik varyasyon gözlenmemiştir. Büyüme hormonu genin 3. ve 4. intronlarına ait sırasıyla 442 bç ve 1378 bç’lik bölgelere ait PCR ürünleri de *BsmF1* restriksiyon enzimi ile muamele edilmiş, ancak bu enzime ait kesim bölgesine rastlanmamış ve bu nedenle üzerinde çalışılan populasyonda 3.ve 4.intronda tek tip genotip elde edilmiştir. Dolayısıyla bu iki bölgenin *BsmF1* lokusu bakımından monomorfik olduğu anlaşılmıştır. Bu ve önceki çalışmalarda büyüme hormonu geninin 2. intron bölgesinde gösterilen genotipik varyasyon, bu bölge ile çeşitli verimler arasındaki ilişkileri konu alan daha çok çalışma yapılması gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Büyüme Hormonu (BH) geni, PCR, RFLP, Genetik varyasyon, Polimorfizm, Pekin ördeği

¹ Candan Eriş, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Bursa, Türkiye. E-mail: candaneris.ce@gmail.com 
OrCID: 0000-0002-5402-5110

² Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cengiz Elmacı, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059 Bursa, Türkiye. E-mail: elmaci@uludag.edu.tr  OrCID: 0000-0003-4819-0221.

Atıf/Citation: Eriş C., Elmacı, C., Türkiye’de yetiştirilen Pekin ördeklerinde büyüme hormonu geni polimorfizmi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 798-806.

*Bu çalışma birinci yazarın 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 2022

Abstract

Advances in molecular genetics have led to the identification of genes or markers that affect many morphological and physiological characteristics of farm animals. The molecular basis of these traits is revealed by functional genomic methods and provides opportunities to develop genetic improvement programs in farm animals through marker assisted selection (MAS). Several candidate genes are being studied with the aim of increasing various yield and reproductive performances in animals through MAS. One of these candidate genes is the growth hormone gene. The main purpose of this study was to investigate polymorphisms in the 2nd, 3rd and 4th introns of the growth hormone gene in Pekin ducks. For this purpose, blood samples taken from a total of 117 adult Pekin ducks of both sexes (79 males and 38 females) raised in Bursa Uludag University Faculty of Agriculture Agricultural Application and Research Farm were used as material. Genetic polymorphism in the 2nd, 3rd and 4th introns of the growth hormone gene was investigated using the *BsmF1* restriction enzyme in the PCR-RFLP method with three primer pairs. Samples were carried out in 2% agarose gel electrophoresis to separate the DNA fragments obtained after the digestion. As a result of the researches, polymorphism was determined only in the fragment amplified from the 2nd intron region. As a result of the digestion of the amplified fragment from the 2nd intron region with *BsmF1* restriction enzyme, three genotypes, namely TT (765 bp), CT (765, 593 and 172 bp) and CC (593 and 172 bp) were determined in this region and the frequencies of the T and C alleles were calculated as 0.75 and 0.25, respectively. Since the difference between the values observed in the 2nd intron region of the growth hormone gene and the expected values in the studied population was not statistically significant ($P>0.05$), it was understood that the population in studied was in Hardy-Weinberg equilibrium. No genetic variation was observed in the 3rd and 4th introns. PCR products belonging to the 442 bp and 1378 bp regions of the 3rd and 4th introns of the growth hormone gene, respectively, were also treated with *BsmF1* restriction enzyme, but the cleavage region of this enzyme was not found, so there was only one genotype was obtained in the 3rd and 4th introns of the studied population. Therefore, it was understood that these two regions are monomorphic in terms of *BsmF1* locus. The genotypic variation shown in the 2nd intron region of the growth hormone gene in this and previous studies also reveals the need for further studies on the relationships between this region and various yields.

Keywords: Growth hormone (*GH*) gene, PCR, RFLP, Genetic variation, Polymorphism, Pekin duck

1. Giriş

Kanatlı sektöründe modern yetiştiricilik uygulamalarında en önemli amaçlardan birisi üzerinde durulan verim yönü bakımından (etçi-yumurtacı) performansı yüksek olan hatlar ya da ırklar elde etmektir. Herhangi bir hayvanın verimlilik değeri, o hayvanın belli bir dönem içerisinde ürünlerinin kalitatif ve kantitatif olarak ölçülebilen bazı üretim isteklerini karşılayabilmesiyle belirlenmektedir.

Diğer birçok türde olduğu gibi kanatlı sektöründe de et kalitesi önemli ekonomik özelliklerden birisidir. Son yıllarda moleküler genetik alanındaki gelişmeler ve bunların çiftlik hayvanlarında uygulanabilme olanağı, büyüme, karkas ve et kalitesiyle ilgili özellikleri etkileyen genlerin ya da bu özellikler ile ilişkili olabilen belirteçlerin tanımlanmasına fırsat sağlamıştır (Chang ve ark., 2012; Bhattacharya ve Chatterjee 2013; Huang ve ark., 2013). Bu nedenle moleküler genetik alanındaki bu gibi gelişmeler ve dolayısıyla canlıların genotipini saptama yöntemlerinin geliştirilmesi, bu gibi özellikleri etkileyen genlerin daha kolay ve hızlı bir şekilde belirlenmesi olanağını da sağlamaktadır. Böylece, çeşitli kanatlı türlerinde özellikle büyüme, yumurta verimi ve kalite özellikleri üzerinde etkili olan çok sayıda aday genin kantitatif özellik lokus (QTL, *Quantitative Trait Loci*) çalışmalarıyla ortaya çıkarılması önemli bir amaç haline gelmiştir. Moleküler genetik alanındaki bu gibi gelişmeler aday genlerin kolaylıkla belirlenmesine ve belirteç destekli seleksiyonda (MAS, *Marker Assisted Selection*) kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Hayvanlarda çeşitli verim ve üreme performanslarının MAS yoluyla artırılması amacıyla çeşitli aday genler üzerinde durulmaktadır. Üzerinde durulan bu aday genlerden birisi de büyüme hormonu (BH) genidir (Supakorn ve Pralomkarn, 2013). Büyüme hormonu, BH geni kontrolünde hipofizin ön lobundan salgılanan ve somatropin olarak da adlandırılan bir proteindir. Büyüme hormonu, büyüme yeteneğinde olan bütün vücut hücrelerini uyarmakta olup özellikle kemik ve kas dokularında etkilidir. Dolayısıyla büyüme hormonu, kas gelişimi, kemik büyümesi ve gelişimi, yağ içeriğini ve metabolizmasının düzenlenmesi gibi birçok fizyolojik fonksiyonları bulunmaktadır (Ohlsson ve ark., 1998; Bauman, 1999; Zhang ve ark., 2007; Ge ve ark., 2012). Bunların dışında büyüme hormonunun, bağışıklık sistemi üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir (Gala, 1991). Diğer taraftan hayvanlarla yapılan çalışmalar bu hormonun eşeyssel farklılaşma, eşeyssel olgunluk, gametogenesis ve ovulasyon gibi olaylarla da ilgili olduğunu göstermektedir (Hull ve Harwey, 2001). Kanatlılarda büyüme hormonunun, gelişme üzerindeki oldukça önemli etkilerinin yanı sıra aynı zamanda yumurta verimi, yaşlanma ve üreme üzerine de önemli etkileri bulunmaktadır (Kansaku ve ark., 2003). Büyüme hormonunun bu gibi fonksiyonları nedeniyle çok sayıda türde konuyla ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

BH genin yapısı, balıklarda, sıçanlarda, farelerde, koyunlarda, sığırlarda ve insanlarda çalışılmıştır (Barta ve ark., 1981; Woychik ve ark., 1982; Byrne ve ark., 1987; Du ve ark., 1993; Das ve ark., 1996). BH geninin nükleotid içeriği kanatlılarda ilk kez Tanaka ve ark. (1992) tarafından bildirilmiştir. Bütün memelilerde BH geni 2-3 kb büyüklüğünde olup 5 exon ve 4 introndan oluşmaktadır (Jing ve ark., 2006). Ördeklerde ise BH geni 5.25 kb büyüklüğünde olup 5 ekzon ve 4 introndan oluşmakta olup yapısal olarak memeli ve tavuk BH genlerine benzerdir.

Biyokimyasal polimorfizm çiftlik hayvanları arasında belli bir vasıf için görülen çok şekillilik olarak tarif edilmektedir (Soysal ve ark., 2005). Çiftlik hayvanlarında sığır, keçi, koyun, kanatlı gibi türlerde yapılan çalışmalar BH geninin oldukça polimorfik olduğunu göstermiş ve birçok polimorfik bölge saptanmıştır (Lucy ve ark., 1993; Malveiro ve ark., 2001; Sheng-Wai ve ark., 2007; Zhang ve ark., 2014, Dettori ve ark., 2015). Polimorfik özelliklerin ortaya çıkarılması ve çeşitli verim özellikleri ile arasındaki olası genetik bağlantıyı belirlemeye yönelik çok sayıda çalışmalar yapılmıştır (Soysal ve ark., 2005). Kuhnlein ve ark. (1997), Beyaz Leghorn tavuklarının 12 varyetesinden 219 adet tavukta, üç farklı genetik özellik (Marek hastalığına direnç, Avian lökozise direnç ve yumurta verim özellikleri) seçip, RFLP yöntemi ile büyüme hormon genindeki polimorfizmleri *SacI* ve *MspI* enzimlerini kullanarak incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda tespit edilen toplam 16 allelin beş tanesinde beklenen frekansların üzerinde olduğu ve bu beş allelden A1 ve A5 allelleri ile kuluçkada kalma süreleri ve yumurta sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada dört farklı tavuk ırkının tüm *cBH* geni ile çalışan Nie ve ark. (2005) toplam 46 SNP tanımlamışlardır. Bu SNP’lerin, dört adedi 5’UTR bölgesinde, bir tanesi 3’ UTR bölgesinde, beş tanesi ekzonda ve geri kalan 36 adedi de intronik bölgelerde belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada 3. intronda bulunan G+1705A SNP’nin her yaştaki vücut ağırlığı ve dört farklı yaşın üçündeki gövde uzunluk ölçümü ile anlamlı bir şekilde ilişkili olduğu gözlenmiştir. Stephen ve ark. (2001) Çin yerli tavuklarında, Jafari ve ark. (2015) İran yerli tavuklarında büyüme hormonu geni polimorfizmini

çalışmışlar ve PCR-RFLP yöntemi ile çalıştıkları 1. intron bölgesinde genetik varyasyon tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmalar tavuklarda *BH* geninin polimorfik olduğunu da ortaya koymaktadır.

Huoyan kazlarının *BH* geninin 2. ekzonunu PCR-SSCP yöntemiyle inceleyen Zhang ve ark. (2014), iki farklı SNP ve 10 genotip (AA, BB, CC, DD, AB, AC, AD, BC, BD ve CD) tespit etmişlerdir. Çalışmalarında genotipler ile çeşitli verim özellikleri arasındaki ilişkileri inceleyen araştırmacılar bazı et üretim performansları ile genotipler arasındaki ilişkileri anlamlı bulmuşlar ve bu genotiplerin Huoyan kazı üretiminde belirteç destekli seleksiyonda aday gen olarak kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Ördeklerde bu konuda yapılan araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Pekin ördeklerinin de içinde olduğu çeşitli ördek ırklarıyla yapılan çalışmalarda incelenen populasyonlarda *BH* geninin promotör bölgesinde ve diğer bazı bölgelerinde polimorfizm saptanmıştır (Kansaku ve ark., 2008; Wu ve ark., 2012; Hiyama ve ark., 2012; Wu ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2015; Mazurowski ve ark., 2015). Çeşitli ördek populasyonlarında yapılan çalışmalarda *BH* genindeki polimorfizmler ile ördeklerin döl verimi (Chang ve ark., 2012) karkas ağırlığı, büyüme ve karkas özellikleri (Wu ve ark., 2012), yumurtlama performansı (Wu ve ark., 2014), yumurta verimi (Zhang ve ark., 2015) ve bazı vücut özellikleri arasında güçlü ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde Hiyama ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada *BH* geninin promotör bölgesindeki varyasyonun, *BH*-mRNA'sı ekspresyon düzeyinin değişimine neden olarak yumurtlama performansını etkilediğini bildirmektedir.

Türkiye'de 2017 yılı itibarıyla ördek varlığı 492 bin olup, ördek yetiştiriciliği %31'lik bir pay ile en çok Batı Marmara Bölgesi'nde yapılmaktadır. Ortadoğu Anadolu Bölgesi (%11) ve Batı Karadeniz Bölgesi (%10) ördek sayısı en fazla olan diğer bölgelerdir. Türkiye'de en fazla ördek yetiştiriciliği yapılan il; %24 ile Balıkesir'dir. Ördek sayısı açısından; Muş (%8) ve Samsun (%6), Balıkesir'den sonra gelen en önemli illerdir (Anonim, 2018). 1984 yılında Türkiye'ye Çin'den getirilen Pekin ördekleri Antalya Kepez Su Ürünleri Üretim İstasyonu'nda çoğaltılarak, ülkenin her tarafına yayılmıştır. Buna bağlı olarak Tarım Bakanlığı üretim istasyonlarında ördek yetiştiriciliği başlatılmış ve üretilen palazlar çiftçilere dağıtılmıştır (Şekeroğlu ve Özen 1997).

Bu çalışmada Pekin ördeklerinde PCR-RFLP yöntemi kullanılarak, ördek *BH* geninin bazı bölgelerindeki olası polimorfizmlerin araştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca, mevcut populasyonda *BH* geni bakımından olası polimorfizmler incelenerek bu lokus bakımından yeterli genetik varyasyonun olup olmadığı da ortaya çıkarılacaktır. Varyasyonun yeterli bulunması halinde ise, daha sonra bu SNP (tek nükleotid polimorfizmi) belirteçleri ile çeşitli verimler arasındaki ilişkiler araştırılacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kan Örneklerinin Alınması ve DNA Ekstraksiyonu

Bu çalışmada Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Çiftliğinde yetiştirilen 117 adet Pekin ördeğinden (79♀ ve 38♂) alınan 5-10 ml kan örneği materyal olarak kullanılmıştır. DNA ekstraksiyonu amacıyla kullanılan kan örnekleri, ördeklerin kanat altı toplardamarından (*vena cutena*) doğrudan antikoagulanlı (K3 EDTA'lı) vakumlu tüplere alınarak soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir. DNA ekstraksiyonu yapılıncaya kadar kan örnekleri -20°C'de korunmuştur. DNA ekstraksiyonu Macherey Nagel NucleoSpin® Blood marka ticari kit yardımıyla, içeriğinde verilen ekstraksiyon yöntemi takip edilerek tamamlanmıştır.

2.2. PCR İle Hedef DNA Bölgelerinin Çoğaltılması

PCR aşamasında büyüme hormonu geninin 2. 3. ve 4. intronlarından üzerinde durulan hedef bölgelerin çoğaltılması amacıyla Wu ve ark. (2012) tarafından belirtilen üç farklı primer çifti kullanılmıştır (*Tablo 1*). PCR tüplerindeki toplam hacim 25µl olacak şekilde PCR reaksiyon karışımı hazırlanmıştır (12.5 µL 2XMaster Mix, 1.25 µL ileri ve geri primerlerin her birinden ve 1,25 µL genomik DNA'dan oluşan karışım ddH₂O ilave edilerek 25 µL hacime tamamlanmıştır).

Araştırmada 2., 3. ve 4. intronlarda yer alan hedef DNA bölgelerinin çoğaltılmasında kullanılan PCR işlemi koşulları 93°C'de 3 dakika, 94°C'de 1 dakika, X°C'de (her bir primer seti için önerilen erime ısı, TM) 30 saniye (*Tablo 1*), 72°C'de 90 saniye 35 döngü ve son olarak 72°C'de 5 dakika olacak şekilde uygulanmıştır. PCR aşaması sonucunda hedef DNA bölgelerinin çoğaltılıp çoğaltılmadığı %1'lik agaroz jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir.

Tablo 1. PCR ile çoğaltılan hedef gen bölgeleri ve kullanılan primerler (Wu ve ark., 2012)

Table 1. Target gene regions amplified by PCR and primers used (Wu ve ark., 2012)

Primer	Primer sırası(5'-3')	PCR ürünü	Hedef bölge	Tm (°C)
GHF1	GAGACGTACAAAGAGTTCG	765 bç	2. intron	53
GHR1	CTGGGAATTCTTGTGGTG			
GHF2	ACAGGGAAGGATGATGCC	442 bç	3. intron	56
GHR2	AGCCAGGACTGGATGAGAAC			
GHF3	TTTTGGCACCTCAGACAG	1378 bç	4. intron	58
GHR3	GGCGGCACTTCATCACCT			

2.3. PCR Ürünlerinin Restriksiyon Enzimiyle Kesimi

Büyüme hormonu geninin 2., 3. ve 4. intron bölgelerindeki allellerin belirlenmesi amacı ile gen bölgelerine ait PCR ürünleri *BsmF1* restriksiyon enzimi (Thermo Fisher Scientific) ile kesim işlemine tabi tutulmuştur. Restriksiyon enzimi ile kesim aşamasında PCR tüpleri içerisindeki hedef DNA bölgelerine özgü çoğaltılmış 25 µl hacmindeki PCR ürünlerinin 12,5 µl’lik kısmı üzerine 10,5 µl restriksiyon enzimi içeren bileşenler (170 µl ddH₂O + 30 µl CutSmart + 10 µl *BsmF1*) eklenmiştir. PCR sonucunda elde edilen *BH* geninin 2., 3. ve 4. intron bölgelerine ait ürünler restriksiyon enzimi ile birlikte 65°C’de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Kesim işleminden sonra elde edilen DNA parçalarının ayrıştırılması için örnekler %2’lik agaroz jel elektroforezinde yürütülmüştür. RFLP sonuçları ethidyum bromür ile boyanarak jel görüntüleme sisteminde UV ışık altında görüntülenmiştir.

2.4. İstatistik Analiz

BH geni bakımından allel gen frekanslarının ve genotip frekanslarının hesaplanmasında ve populasyonun Hardy-Weinberg dengesinde olup olmadığı kontrol edilmesinde populasyon genetiği analiz programı olan PopGene32 (PopGene version 1.31) programı kullanılmıştır (Yeh ve ark., 2000).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

BH geninin 2. intron (765 bç) bölgesinde *BsmF1* enzimi kesimi sonucu üç genotip deseni beklenmektedir (Şekil 1a). Bu çalışmada *BH* geninin 2. intron bölgesinden çoğaltılan 765 bç uzunluğundaki hedef bölgenin *BsmF1* restriksiyon enzimi ile kesimi ile TT (765 bç), CT (765 bç + 593 bç + 172 bç) ve CC (593 bç + 172 bç) olmak üzere üç genotip elde edilmiştir (Şekil 1b).

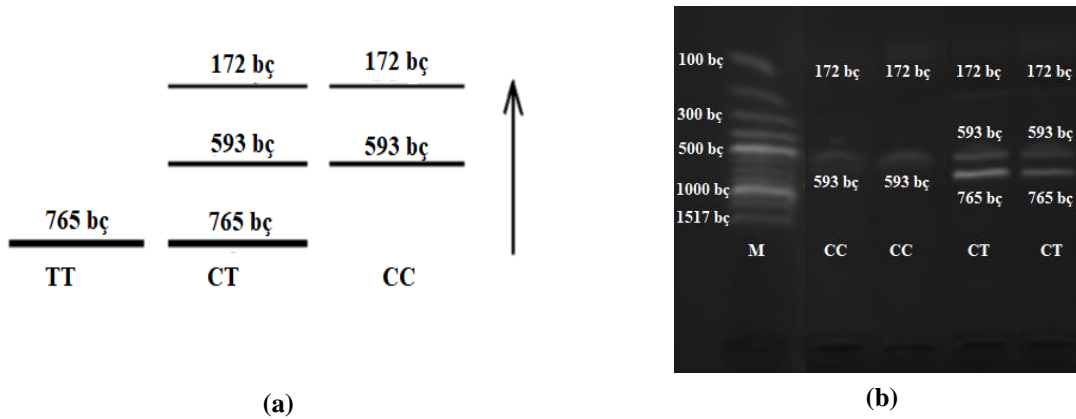


Figure 1. Expected genotypes and fragment lengths in 2nd intron after restriction enzyme cleavage(a) and *BsmF1* genotypes in the 2nd intron of the growth hormone gene(b)

Şekil 1. Restriksiyon enzimi kesimi sonucu 2. intronda beklenen genoipler ve parça uzunlukları(a) ve büyüme hormonu geni 2. intron bölgesindeki *BsmF1* genotipleri(b)

Büyüme hormonu geninin 2. intronundaki *BsmF1* genotiplerin beklenen ve gözlenen değerleri, gen frekansları ve khi-kare(χ^2) değeri Tablo 2’de verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan 117 adet Pekin ördeği populasyonunda T allelinin frekansı (0.75), C allelinin frekansından (0.25) daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2). TT genotip frekansı (0.55) ile CT (0.41) genotip frekansları nispeten birbirlerine yakın bulunurken, CC (0.04) genotipinin frekansı

oldukça düşük bulunmuştur. *BH* geni 2. intron bölgesinde gözlenen değerlerle beklenen değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmadığından ($P > 0.05$) ele alınan populasyonun Hardy-Weinberg dengesinde olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2. Büyüme hormonu geni 2. intron bölgesindeki genotiplerin beklenen ve gözlenen frekansları, allel frekansları ve P değerleri

Table 2. Expected and observed frequencies of genotypes in the 2nd intron region of the growth hormone gene, allele frequencies and P values

Cinsiyet	n	Genotip frekansları						P değeri	Allel frekansları	
		Gözlenen			Beklenen				T	C
		TT	CT	CC	TT	CT	CC			
♀	79	40 (0.51)	36 (0.45)	3 (0.04)	42.10 (0.533)	31.14 (0.394)	5.76 (0.073)	0.1506	0.73	0.27
♂	38	24 (0.63)	12 (0.32)	2 (0.05)	23.71 (0.624)	12.61 (0.332)	1.68 (0.044)	0.6921	0.79	0.21
♀♂	117	64 (0.55)	48 (0.41)	5 (0.04)	65.81 (0.563)	43.88 (0.375)	7.31 (0.062)	0.2975	0.75	0.25

Bu çalışmada Pekin ördeklerinde *BH* geninin 2., 3. ve 4. intron bölgelerinde, *BsmF1* genotipleri bakımından olası polimorfizmler incelenmiştir. *BH* genin 3. ve 4. intronlarına ait sırasıyla 442 bç ve 1378 bç'lik bölgelere ait PCR ürünleri de *BsmF1* restriksiyon enzimi ile muamele edilmiş, ancak bu enzime ait kesim bölgesine rastlanmamış ve bu nedenle üzerinde çalışılan populasyonda 3.ve 4. intronda tek tip genotip elde edilmiştir. Dolayısıyla bu iki bölgenin *BsmF1* lokusu bakımından monomorfik olduğu anlaşılmıştır.

İncelenen kaynaklarda ördek *BH* geninin 2., 3. ve 4. intron bölgesindeki *BsmF1* polimorfizmlerinin tanımlanmasına yönelik karşılaştırılabilir oldukça az çalışma olduğu görülmüştür. Bununla birlikte bu çalışmadan elde edilen *BH* genine yönelik sonuçlar Wu ve ark. (2012) ve Mazurowski ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalar ile karşılaştırılabilir. Bu çalışmalarda kullanılan toplam 7 ördek populasyonundan elde edilen allel frekansları bu çalışmadan elde edilen frekanslardan farklılık göstermektedir. Farklı ördek populasyonlarında elde edilen farklı genotipik dağılım genellikle bu populasyonların genetik geçmişine dayandırılmaktadır (Wang ve ark., 2011).

Wu ve ark. (2012) üç farklı ördek ırkı ile yaptıkları çalışmada *BH* geninin 3. ve 4. intron bölgelerinde bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmişler ve 3. ve 4. intron bölgelerinde *BsmF1* enzime ait kesim bölgesi bulamamışlar ve tek tip genotip gözlemişlerdir. Bununla birlikte *BH* geninin 2. intron bölgesi ile de çalışan araştırmacılar bu bölgede *BsmF1* restriksiyon enzimi sonucu bu çalışmada olduğu gibi TT, CT ve CC olmak üzere 3 genotip tespit etmişlerdir. Çalıştıkları üç ırkta da T allelinin yaygın olduğunu belirten araştırmacılar T alleli frekansını 0,4868-0,6596 aralığında bulmuşlardır. Araştırmacılar, çalışılan populasyonda *BH* geninin 2. intron bölgesindeki *BsmF1* tanıma bölgesinin seleksiyona olanak verecek düzeyde polimorfizm gösterdiğini ve bu nedenle de çeşitli verimler ile ilişkisinin incelenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Mazurowski ve ark. (2015) Pekin ördeğinin de dahil olduğu 4 farklı ördek ırkında *BH* geninin 2. intron bölgesi ile yaptıkları çalışmalarında PCR-RFLP yöntemiyle *BsmF1* genotiplerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada Muscovy ırkının iki farklı hattında C alleli frekansı 1 ve 0.944 olarak bulunmuştur. Mullard ve Pekin ördeği ırklarında ise T alleli frekansı sırasıyla 0.82 ve 0.47 olarak hesaplanmıştır.

Kanatlı hayvanlarda verim özellikleri *BH* geni gibi çevre koşullarından çokça etkilenen kantitatif bir özelliktir. Bu nedenle *BH* gen polimorfizmi tavuk (Zhang ve ark., 2007), bıldırcın (Johari ve ark., 2013), kaz (Zhao ve ark., 2011) ve ördek (Wu ve ark., 2012; Mazurowski ve ark., 2015) gibi çeşitli kanatlı türlerinde çalışılmıştır. Bu kanatlı türlerinde *BH* geninin DNA sırasında yüksek derecede polimorfik olduğu saptanmıştır. Örneğin Chang ve ark. (2012) ördek *BH* geninin 2087 bç'lik bölgesinde 19 SNP tespit etmişler ve her bir SNP'nin en az bir ördek döl verimi özelliği ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Mazurowski ve ark. (2015), ördek *BH* geninin 2. intronundaki bazı SNP'lerin büyüme ve karkas özelliklerini etkilediklerini bildirmişlerdir.

Ancak farklı kanatlı türlerinde *BH* geni 3. ve 4. intronlarının da aralarında olduğu çeşitli gen bölgelerinin polimorfik olduğu bildirilmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından genellikle tavuklarda 1. intronda, kaz ve tavuklarda 3. intron'da, tavuklarda 4. intron'da polimorfizm gözlenmiştir (Nie ve ark. 2002; Zhang ve ark. 2007; Wu ve ark.,

2012; Ghelghachi ve ark., 2013). Hiyama ve ark. (2012) Myanmar ördekleri *BH* geni promotor bölgesinde yaptıkları çalışmada tespit ettikleri varyasyonların çoğunun tavuk ve hindilerin promotor bölgesi ile benzer diziler taşıdığını tespit etmişlerdir. Kansaku ve ark. (2008) ördeklere *BH* geni promotorunun distal bölgesinin tavuk ve hindi promotor bölgesi ile benzerlik göstermemesine rağmen proksimal bölgesinin benzerlik gösterdiğini saptamışlardır.

Genel olarak ördek büyüme hormonu geni yapısal olarak tavuk büyüme hormonu genine benzerdir. Tavuklarda yapılan *BH* geni bölgeleri de dikkate alınarak ördeklere de *BH* geni çalışmaları artırılmalı ve ekonomik verim özellikleri ile ilişkilendirilmelidir. Ördek ırklarında bu bölgelerin ele alındığı çalışma sayısının nispeten az olduğu ve artırılması gerektiği açık olarak görülmektedir.

4. Sonuç

Araştırılan kaynaklarda ördek popülasyonlarında *BH* geninin 2. intron bölgesinde PCR-RFLP yöntemiyle belirlenen polimorfik bölge hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Bu araştırma Türkiye’de Pekin ördeklerinde büyüme hormonu geni polimorfizmine yönelik bilinen ilk çalışma olması nedeniyle önemli olup, bu konuda yapılan çalışmalara da katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve daha önce yapılan ve literatürde verilen sonuçlara dayanarak, *BH* geninin 2. intron bölgesinde yüksek derecede polimorfizm olduğunu söylemek mümkündür. Bu polimorfik bölgenin büyüme ve karkas özellikleri ile bazı biyometrik özellikler üzerine olan etkileri bütüncül olarak ele alındığında ilgili SNP bölgesinin bu özellikler için önemli bir moleküler belirteç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bu ve önceki çalışmalarda büyüme hormonu geninin 2. intron bölgesinde gösterilen genotipik varyasyon, bu bölge ile çeşitli verimler arasındaki ilişkileri konu alan daha çok çalışma yapılmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Anonim, (2018). Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM, Ar-Ge İnovasyon, Kanatlı hayvancılık sektör politika belgesi 2018-2022. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Kanatli%20Hayvanc%C4%B1%C4%B1k%C4%B1k%C4%B1k%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf> (Erişim tarihi:31/05/2022)
- Barta, A., Richards, R.I., Baxter, J.D., Shine, J. (1981). Primary structure and evolution of rat growth hormone gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78(8) 4867-4871.
- Bauman, D.E. (1999). Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Domestic Animal Endocrinology*, 17(2-3): 101-116.
- Bhattacharya, T.K., Chatterjee, R.N. (2013). Polymorphism of the myostatin gene and its association with growth traits in chicken. *Poultry Science*, 92(4): 910-915.
- Byrne, C.R., Wilson, B.W., Ward, K.A. (1987). The isolation and characterization of the ovine growth hormone gene. *Australian Journal of Biological Sciences*, 40(4): 459-468.
- Chang, M., Cheng, Y., Huang, M. (2012). The SNP genotypes of growth hormone gene associated with reproductive traits in Tsaiya Ducks. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(4): 568–573.
- Das, P., Meyer, L., Seyfert, H.M., Brockmann, G., Schwerin, M. (1996). Structure of the growth hormone-encoding gene and its promoter in mice. *Gene*, 169(2): 209-213.
- Dettori, M.L. Pazzola, M., Pira, E., Paschino, P., Vacca, G.M. (2015). The sheep growth hormone gene polymorphism and its effects on milk traits. *Journal of Dairy Research*, 82(2):169-176.
- Du, S.J., Devlin, R.H., Hew, C.L. (1993). Genomic structure of growth hormone genes in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): presence of two functional genes, GH-I and GH-II, and a male-specific pseudogene, GH-psi. *DNA and Cell Biology*, 12(8): 739-751.
- Gala, R.R. (1991). Prolactin and growth hormone in the regulation of the immune system. *Experimental Biology and Medicine*, 198(1):513-527.
- Ge, X., Yu, J., Jiang, H. (2012). Growth hormone stimulates protein synthesis in bovine skeletal muscles cells without altering insulin-like growth factor-I mRNA expression. *Journal of Animal Sciences*, 90(4): 1126-1133.
- Ghelghachi, A.A., Reza, S.H., Lak, A. (2013). Association of growth hormone gene polymorphism with growth and fatness traits in Arian broilers. *International Journal of Biosciences*, 3(12): 216-220.
- Hiyama, G., Okabayashi, H., Kansaku, N., Tanaka, K. (2012). Genetic variation in the growth hormone promoter region of *Anas platyrhynchos*, a duck native to Myanmar. *Journal of Poultry Sciences*, 49(4): 245-248.
- Huang, Y.Z., He, H., Zhang, Z.Y., Sun, Y.J., Li, M.X., Lan, X.Y., Leic, Z., Zhang, C.L., Chen, H. (2013). Relationship of polymorphisms within ZBED6 gene and growth traits in beef cattle. *Gene*, 526(2): 107-111.
- Hull, K.L., Harvey, S. (2001). Growth hormone: roles in female reproduction. *Journal of Endocrinology*, 168(1): 1-23.
- Jafari, A., Pakdel, A., Esmailkhanian, S. (2015). Growth hormone gene polymorphism in two Iranian Native Fowls (Short Communication). *Poultry Science Journal*, 3 (1): 99-104.
- Jing, L.I., Ran, X.-Q., Wang, J.F. (2006). Identification and function of the growth hormone gene in Rongjiang pig of China. *Acta Physiologica Sinica*, 58(3): 217-224.
- Johari, S., Setiati, N., Sidadolog, J.H.P., Hartatik, T., Yuwanta, T. (2013). The gene effect of growth hormone on body weight and egg production in divergent selection for five generation of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*, 12(8): 489-494.
- Kansaku, N., Nakada, A., Okabayashi, H., Guemene, D., Kuhnlein, U., Zadworny, D., Shimada, K. (2003). DNA polymorphism in the chicken growth hormone gene: Association with egg production. *Animal Science Journal*, 74(3):243-244.
- Kansaku, N., Soma, A., Furukawa, S., Hiyama, G., Okabayashii, H., Guemene, D., Kühnlein, U., Zadworny, D. (2008). Sequence of the domestic duck (*Anas platyrhynchos*) growth hormone-encoding gene and genetic variation in the promoter region. *Animal Science Journal*, 79(2): 163-170.
- Kuhnlein, U., Ni, L., Weigend, S., Gavora, J.S., Fairfull, W., Zadworny, D. (1997). DNA polymorphisms in the chicken growth hormone gene: Response to selection for disease resistance and association with egg production. *Animal Genetics*, 28(2): 116-123.
- Lucy, M.C., Hauser, S.D., Eppard, P.J., Krivi, G.G., Clark, J.H., Bauman, D.E., Collier, R.J. (1993). Variants of somatotropin in cattle: gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, 10(4):325-333.
- Malveiro, E., Pereira, M., Marques, P.X., Santos, I.C., Belo, C., Renaville, R., Cravador, A. (2001). Polymorphisms at the five exons of the growth hormone gene in the algarvia goat: possible association with milk traits. *Small Ruminant Research*, 41(2): 163-170.
- Mazurowski, A., Frieske, A., Kokoszynski, D., Mroczkowski, S., Bernacki, Z., Wilkanowska, A. (2015). Examination of growth hormone (GH) gene polymorphism and its association with body weight and selected body dimensions in ducks. *Folia Biologica (Kraków)*, 63(1): 43-50.
-

- Nie, Q., Ip, S.C.Y., Zhang, X., Leung, F.C., Yang, G. (2002). New variations in intron 4 of growth hormone gene in Chinese Native Chickens. *Journal of Heredity*, 93(4): 277-279.
- Nie, Q., Sun, B., Zhang, D., Luo, C., Ishag, N.A., Lei, M., Yang, G., Zhang, X. (2005). High diversity of the chicken growth hormone gene and effects on growth and carcass traits. *Journal of Heredity*, 96(6):698–703.
- Ohlsson, C., Bengtsson, B.A., Isaksson, O.G., Adreassen, T.T., Słotweg, M.C. (1998). Growth hormone and bone. *Endocrine Reviews*, 19(1): 55-79.
- Sheng-Wai, X., Wen-Bin, B., Jun, H., Jun-Hua, C., Jing-Ting, S., Gua-Hong, C. (2007). Polymorphic analysis of intron 2 and 3 of growth hormone gene in duck. *Hereditas (Beijing)*, 29(4): 438-442.
- Soysal, M.İ., Kök, S., Gürçan, E.K. (2005). An Investigation on the distribution in erythrocytes potassium polymorphisms in buffaloes. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*. 2(2):189-193.
- Stephen, C.Y., Zhang, X., Leung, F. (2001). Genomic growth hormone gene polymorphisms in native Chinese chickens. *Experimental Biology and Medicine*, 226(5):458-462.
- Supakorn, C., Pralomkarn, W. (2013). Genetic polymorphisms of growth hormone (GH), insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and diacylglycerol acyltransferase 2 (DGAT-2) genes and their effect on birth weight and weaning weight in goats. *Philippine Agricultural Scientist*, 96(1): 18-25.
- Şekeroğlu, A., Özen, N. (1997). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı üretim istasyonlarında kanatlı hayvan yetiştiriciliği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10:336-344.
- Tanaka, M., Hosokawa, Y., Watahiki, M., Nakashima, K. (1992). Structure of the chicken growth hormone-encoding gene and its promoter region. *Gene*, 112(2): 235-239.
- Wang, C., Liang Z., Yu, W., Feng, Y., Peng, X., Gong, Y., Li, S. (2011). Polymorphism of the prolactin gene and its association with egg production traits in native Chinese ducks. *South African Journal of Animal Science*, 41(1): 63-69.
- Woychik, R.P., Camper, S.A., Lyons, R.H., Horowitz, S., Goodwin, E.C., Rottman, F.M. (1982). Cloning and nucleotide sequencing of the bovine growth hormone gene. *Nucleic Acids Research*, 10(22): 7197-7210.
- Wu, Y., Pan, A.L., Pi, J.S., Pu, Y.J., Du, J.P., Liang, Z.H., Shen, J. (2012). One novel SNP of growth hormone gene and its associations with growth and carcass traits in ducks. *Molecular Biology Reports*, 39(8):8027–8033.
- Wu, X., Yan, M.J., Lian, S.Y., Liu, X.T., Li, A. (2014). GH gene polymorphisms and expression associated with egg laying in Muscovy ducks (*Cairina moschata*). *Hereditas*, 151(1): 14–19.
- Yeh, F., Yang, R.C., Boyle, T. (2000). Popgene (v.1.32), Microsoft Windows-based freeware for Population Genetic analysis. <http://www.ualberta.ca/~fyeh/Pop32.exe>
- Zhang, X.L., Jiang, X., Liu, Y.P., Du, H.R., Zhu, Q. (2007). Identification of AVal polymorphisms in the third intron of GH gene and their associations with abdominal fat in chickens. *Poultry Science*, 86(6): 1079–1083.
- Zhang, Y., Zhu, Z., Xu, Q., Chen, G. (2014). Association of polymorphisms of exon 2 of the growth hormone gene with production performance in Huoyan goose. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(1): 670-683.
- Zhang, D.X., Xu, Z.Q., He, J., Ji, C.L., Zhang, Y., Zhang, X.Q. (2015). Polymorphisms in the 5’-flanking regions of the GH, PRL and Pit-1 genes with Muscovy duck egg production. *Journal of Animal Science*, 93(1): 28-34.
- Zhao, W.M., Zhao, R.X., Qiao, N., Xu, Q., Huang, Z.Y., Li, X., Zhang, Y., Chen, G.H. (2011). Association of GH polymorphisms with growth traits in goose. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(6): 692-697.

Impacts of Different Processing Techniques on Chemical and Mineral Components of Wild-Grown Edible Mushroom (*Lactarius semisanguifluus* R. Heim & Leclair)


Farklı İşleme Tekniklerinin Yabani Olarak Yetişen Yenilebilir Mantarın (*Lactarius semisanguifluus* R. Heim & Leclair) Kimyasal ve Mineral Bileşenleri Üzerine Etkileri


Emine AYDIN^{1*}, İsmail Bulent GURBUZ²

Abstract

Lactarius semisanguifluus R. Heim & Leclair (*L. semisanguifluus*) is one of the wild-grown edible mushroom types. Wild-grown edible mushrooms are widely consumed or sold by people in fresh form. However, due to the high respiration ratio and moisture content, the mushrooms lose their quality immediately after harvest. This causes their shelf life to be very short. For this reason, it is necessary to know the best storage conditions as well as its nutritional content. The objective of this study was to investigate the effects of different treatment techniques (drying, canning, and freezing) on the chemical components (dry matter, crude protein, crude fats, ash, and total carbohydrates) and the mineral matters (Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Mn, Cu, and Zn) of the *L. semisanguifluus*. The results show that the moisture content varied between 8.86% to 90.43% (w/w) in the fresh, dried, canned and frozen mushroom samples. The protein content of the with and without processed samples was in the ranged of 1.21% and 18.53%. The ash and fat content of the all samples ranged from 2.79% to 5.94% and from 0.53% to 7.99%, respectively. Additionally, the carbohydrate content was found to be between 0.85 and 58.68%. The energy values of the all samples were estimated to be between 27.56-380.75 kcal 100g⁻¹ and 115.63-1608.20 kJ 100g⁻¹. Potassium (108.6-2367.4 mg 100g⁻¹) and phosphor (37.4-182.7 mg 100g⁻¹) were the most abundant minerals in the analysed samples. The chemical composition of the frozen samples had the closest results to the fresh samples. The results of the present research showed that *L. semisanguifluus* has a high nutritional quality especially the freezing process is the best protection technique rather than the canning process and was suitable especially for consumption in low caloric diets. Based on overall evaluations, it can be deduced that especially dried mushroom samples can be used in powder form (such as spices and enrichment component in many food formulations) in the production of various food products due to their high nutritional components.

Keywords: *Lactarius semisanguifluus*, Wild mushroom, Nutritional content, Processing, Drying, Canning, Freezing

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Emine Aydın, Duzce University, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Duzce, Türkiye, E-mail: emineaydin@duzce.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9635-4791.

² İsmail Bulent Gürbüz, Bursa Uludağ University, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bursa, Türkiye, E-mail: bulent@uludag.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5340-3725.

Atıf/Citation: Aydın, E., Gürbüz, İ.B. Impacts of different processing techniques on chemical and mineral components of wild-grown edible mushroom (*Lactarius semisanguifluus*). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 807-818.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Lactarius semisanguifluus R. Heim & Leclair (*L. semisanguifluus*) yabani olarak yetişen yenilebilir bir mantar türüdür. Yenilebilir yabani mantar çeşitleri insanlar tarafından genellikle taze olarak tüketilir ya da satılır. Ancak, yüksek solunum oranı ve nem miktarı nedeni ile mantarlar hasattan hemen sonra kalitesini kaybeder. Bu da raf ömürlerinin çok kısa olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, mantar çeşitlerinin besinsel içeriğinin yanısıra en iyi saklama koşullarının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, yabani olarak yetişen ve insanlar tarafından sevilerek tüketilen, yenilebilir bir mantar çeşidi olan *L. semisanguifluus*'a uygulanan farklı işleme tekniklerinin (kurutma, konserve ve dondurma) kimyasal bileşim (kurumadde, ham protein, ham yağ, kül ve toplam karbonhidrat) ve mineral madde (Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Mn, Cu ve Zn) miktarı üzerindeki etkilerini belirlemektir. Elde edilen sonuçlara göre; taze, kurutulmuş, konserve edilmiş ve dondurulmuş mantar numunelerinde nem içeriğinin %8.86 ile %90.43 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İşlenmiş ve işlenmemiş örneklerin protein içeriği %1.21-18.53 arasında belirlenirken, kül ve yağ içerikleri ise sırası ile %2.79-5.94 ve %0.53-7.99 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, örneklerin karbonhidrat içeriklerinin %0.85-58.68 olduğu ve enerji değerlerinin kcal cinsinden 27.56-380.75 kcal 100g⁻¹ arasında kJ cinsinden ise 115.63-1608.20 kJ 100g⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Analiz edilen mantar örneklerinde potasyum (108.6-2367.4 mg 100g⁻¹) ve fosfor (37.4-182.7 mg 100g⁻¹) en bol bulunan mineraller olarak gözlenmiştir. Çalışmada dondurulmuş mantar örnekleri kimyasal bileşim açısından taze örneklerle en yakın sonuçları vermiştir. Mevcut araştırma sonuçları, *L. semisanguifluus*'un yüksek besinsel kaliteye sahip olduğunu ve özellikle düşük kalorili diyetlerde tüketimine uygun olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde ise özellikle kurutulmuş mantar örneklerinin sahip oldukları yüksek besinsel içerik nedeniyle çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde toz şeklinde (birçok gıda formülasyonunda baharat ve zenginleştirme bileşeni gibi) kullanılabilmesi sonucuna varılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Lactarius semisanguifluus*, Yabani mantar, Besinsel bileşen, İşleme, Kurutma, Konserveleme, Dondurma

1. Introduction

According to the previous obtained knowledge, mushrooms are widely distributed throughout the world (Aryantha et al., 2010). They contain edible, medicinal and poisonous species (Omer and Alfaig, 2020). 70,000 fungi are described by researchers all around the world, and approximately 10,000 of them are fleshy mushrooms. Among them, 2,000 species are recognized as edible and only 33 of them are cultivated (Mukerji and Manoharachary, 2010). Edible mushrooms are considered to be delicious due to their nutritional, medicinal and organoleptic properties (González et al., 2020; Doğan and Doğan, 2021). Mushrooms are recognized as important sources of fiber, micronutrients and functional compounds (Wasser, 2002; Xu et al., 2011; Valverde et al., 2015). Addition to this, flavour compounds such as alcohols, ketones, aldehydes and cyclic compounds, are major flavour components of mushrooms (Costa et al., 2013; Politowicz et al., 2018). They have, for that reason, been used as a food and food-flavouring agent for centuries (Kalyoncu et al., 2010). The significance of edible mushrooms is increasing day by day due to their nutritional and pharmacological properties (Diez and Alvarez, 2001).

Edible mushrooms, which have significant amounts of protein (Bach et al., 2017), draw attention with its low caloric content, large quantity of dietary fibre, and low-fat ratio (González et al., 2020). Considering edible mushrooms containing unsaturated fatty acids, phenolic compounds, tocopherols, ascorbic acid, and carotenoids, they can be accepted as a food source which can be used to prevent and treat diseases (Pereira et al., 2012). In previous studies, their positive effects on health, including their antimicrobial, antioxidant, antidiabetic (Doğan et al., 2021), anticancer, antiobesity, antibiotic (Freidman, 2016), antihypertensive, anti-inflammatory, antiviral, hypoglycaemic, hypolipidemic and immunomodulatory activities, were analysed (Rathore et al., 2017). Therefore, some of them are used as drugs in ethno-medicine.

Because of their sensorial properties and nutritional value, the consumption of wild edible mushrooms is increasing nowadays. Wild growing edible mushrooms have been a popular food source in most of European countries (Kalac, 2009). Turkey has a great potential for wild-grown edible mushrooms which are collected by the local community not only for home consumption in order to meet the requirement of protein but also for breadwinning. Mushrooms have been known as a valuable foodstuff since ancient times. The moisture content of fresh mushrooms is approximately 88-91%. With their easy digestible proteins, they have distinctive characteristics compared to vegetables (Erkel, 2000). Many scientists, who have studied wild edible mushrooms, reported that they contained high protein and low energy content (Barros et al., 2007a). Besides, mushrooms contain low carbohydrate and fat (Erkel, 2000).

Mushrooms contain varied minerals which can be used by the body to carry out various biological functions throughout the human body (Zeng et al., 2012). The mineral components of mushrooms vary hinge on species and ecosystems (Gencelep et al., 2009). Due to this reason, the mineral elements in mushrooms is unlike from plants in many respects. As a result of the rise of post-harvest changes, edible mushrooms have a short shelf life as approximately 1-3 days at room temperature (Barros et al., 2007b). As well as aroma and texture properties, visual appealing, such as the surface colour and appearance properties, indicates the freshness of mushrooms (Burton and Noble, 1993).

Considering all these results, a variety of conservation methods are used to ensure that people, who consume mushroom as a source of protein, are able to access it for a longer time. Manzi et al. (2004) reported that without seasonal limitations, drying and freezing treatments could be used to increase storage stability and to ensure mushroom consumption. Partially high protein content and lack of physical preservation to prevent water loss or microbial attack are related to high respiration ratio and moisture substance of mushrooms; the shelf life of mushrooms is, therefore, shortened due to post-harvest changes such as browning, cap opening, stipe elongation, increased cap diameter, weight loss, and texture damage (Fernandes et al., 2012). For this reason, mushrooms are generally used in processed form (Jaworska and Bernas, 2009) such as dried, frozen or canned form. The mushrooms are also can be used in the production of biscuits (Farzana and Mohajan, 2015), instant noodle (Arora et al., 2018), chips (Doğan et al., 2020), beef patties (Cerón-Guevara et al., 2019), and snack (Rachappa et al., 2020).

Lactarius semisanguifluus R. Heim & Leclair is sold in the local bazaar in Türkiye. This popular wild-grown edible mushroom is locally called “*Kanlıca*”, “*Melki*” and “*Çıntar*”. *L. semisanguifluus* is preferred by local people for its aroma and taste. These properties, along with its comparatively easy availability, makes *L. semisanguifluus*

one of the most sought mushrooms for human consumption. Since mushrooms are collected for human consumption as a food, it is required to know the best storage forms (due to their short shelf life) as well as their nutritional value. Within this scope, the objective of this study is to determine the changes in the chemical composition (moisture, ash, crude protein, fat, and macro-micro mineral matters), and the carbohydrate content and energy values of the *L. semisanguifluus* treated with different processes (drying, canning, and freezing).

2. Materials and Methods

2.1. Materials

2.1.1. Sample collection

A total of 20 kg *L. semisanguifluus* were collected from Keles, Bursa in Türkiye (39°52'N 29°12'E). The *Figure 1* shows the photograph of the *L. semisanguifluus*. The altitude of this location is 1200 m which is the neighbour of Uludag mountain. The forest in the area where the mushrooms are collected; it consists of pine, oak, hornbeam, hawthorn, and occasionally poplar and plum trees. When the mushrooms were collected, it was noted that they were in the same maturity levels with the uniform shape, size, and health conditions to provide homogeneity.



Figure 1. Surface and inside photograph of the L. semisanguifluus

2.2. Methods

2.2.1. Preparation of samples

In this study, the *L. semisanguifluus* samples were prepared according to Aydin et al. (2017). Drying, canning, and freezing processes were applied to *L. semisanguifluus*. The mushroom samples were harvested with their pileus and stipe. After the cleaning treatment, the mushrooms were wiped on blotting paper to remove excess water and then sized. Only the pileus of the mushrooms was used which was the similar size. Before applying any process, the moisture, ash, crude protein, fat, carbohydrate and energy value of the fresh mushrooms were analysed. After these analyses, for the first step (drying), the mushrooms were dried at +40° C for approximately 24 h in a hot air oven dryer, as described by Aydin et al. (2017). Then, they were ground together in a coffee grinder (MKM6, Bosh, Germany) and sieved through a 60 mm sieve to obtain the mushroom powder. All the mushroom powder was stored in glass jars and kept in +4° C prior to analysis. In the second step canning was applied, as described by Aydin et al. (2017). The cleaned and cut mushrooms were boiled in boiling water for 30 minutes. After 30 minutes, the mushrooms were drained and put into glass jars while the mushrooms were still hot. Jar caps were closed immediately and the samples were allowed to rest while cooling so that the mushrooms could be kept safe until the analyses. The last step (freezing) was applied, as described by Barros et al. (2007b). After cleaning and cutting procedures, the mushrooms were put into freezer bags and stored at -20° C prior to analysis.

2.2.2. Morphological properties of samples

To determine the morphological properties of *L. semisanguifluus*, the pileus width (cm) and stipe length (cm) of the mushrooms were measured with a ruler, and the stipe diameter was measured with a calliper. In order to weigh the mushrooms (g), the analytical balance was used.

2.2.3. Colour properties of samples

Colour values were read with a chromameter (Konica Minolta CM-3600d, Japan). Before the measurement, the standard white plate was used to calibrate it. The measurement procedure was applied not only to the pileus surface

but also to the pileus inside of the fresh, dried and frozen samples. The colour measurements were performed on 30 mushroom samples and the average of the measurement results was given. According to the measurement results, L^* means the lightness of the mushroom and ranges from black to white (0-100). A negative value of a^* indicates green, while a^* positive number indicates red-purple colour. A positive b^* value indicates yellow, while a negative b^* value indicates blue (Nakılcıoğlu-Taş and Ötleş, 2020).

2.2.4. Chemical properties of samples

The moisture, ash, crude protein, and fat contents of the fresh and processed samples were determined according to the AOAC Method No: 930.04, 930.05, 978.04 (Nx6.25), 945.16, respectively (AOAC, 1990). The total carbohydrate content was estimated by using the Equation (Eq.) 1 (FAO, 2003):

$$\text{Total Carbohydrate} = 100 - [\text{Moisture (g)} + \text{Ash (g)} + \text{Protein (g)} + \text{Fat (g)}] \quad (\text{Eq. 1})$$

The total energy value was calculated according to the Eq. 2 and Eq. 3 (Italian Law, 1993):

$$\text{Total Energy (kcal)} = 4 \times [\text{Protein (g)} + \text{Carbohydrate (g)}] + 9 \times [\text{Fat (g)}] \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Total Energy (kJ)} = 17 \times [\text{Protein (g)} + \text{Carbohydrate (g)}] + 37 \times [\text{Fat (g)}] \quad (\text{Eq. 3})$$

2.2.5. Mineral composition of samples

The macro and micro mineral contents (Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Mn, Cu, and Zn) of the samples were designated by inductively-coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) (3100XL; Perkin Elmer Optima, San Jose, California, USA) according to Sarıkurcu et al. (2012).

2.2.6. Statistical analyses

The obtained results were subjected to statistical analysis. For this purpose, JMP IN 7.0.0 (SAS, Cary, North Carolina, USA) software was used. The data were presented as the mean \pm standard deviation of three replicates. When significant differences were determined ($p < 0.05$), the least significant difference (LSD) test and analysis of variance (ANOVA) was used to identify the differences among the means. Dendrogram graphics were also created for some analyses, to identify groups that are close to each other were determined. For this purpose, the Hierarchical Clustering Method-Wards technique run in the JMP In 7.0.0. In the graphics, the colours indicate that from the smallest to the largest in blue, grey, and red colour tones from light to dark.

3. Results and Discussion

3.1. Physical properties of samples

3.1.1. Morphological properties of samples

In order to examine the morphological properties, 30 mushroom samples were used. All measurements were given in Table 1. For this purpose, firstly, analyses were made to measure the weight, pileus width, stipe length and stipe diameter (38.46 g, 8.61 cm, 2.99 cm and 2.67 cm, respectively) of the clean mushroom samples. These results are similar with those reported by Peksen and Karaca (2000) who found the mushroom weight as 31.43 g, the pileus width as 8.62 cm and the stipe length as 2.60 cm.

Table 1. The morphological properties of wild edible mushroom *L. semisanguifluus**

Sample	Mushroom Weight (g)	Pileus Width (cm)	Stipe Length (cm)	Stipe Diameter (cm)
Fresh	38.46 \pm 0.75	8.61 \pm 1.06	2.99 \pm 1.18	2.67 \pm 3.42

* Number of samples=30

3.1.2. Colour properties of samples

In order to observe the colour values visually in more detail, the colour value results *L. semisanguifluus* by sample type are given in Figure 2. Fresh, canned, and frozen mushrooms colour value was characterized not only by the colour of the pileus surface but also by the inside of the pileus. The pileus surface of the fresh samples was found significantly higher ($P < 0.05$) in L^* value as compared to those of the other samples indicating a lighter colour. The lower L^* values for the canned samples indicated a darker colour than the other samples. On the other

hand, the whole parts of the samples were used for the detection of the colour value of the dried samples. In the dried samples; L^* , a^* and b^* values were observed as 43.78 ± 0.09 , 6.61 ± 0.10 and 20.35 ± 0.07 , respectively.

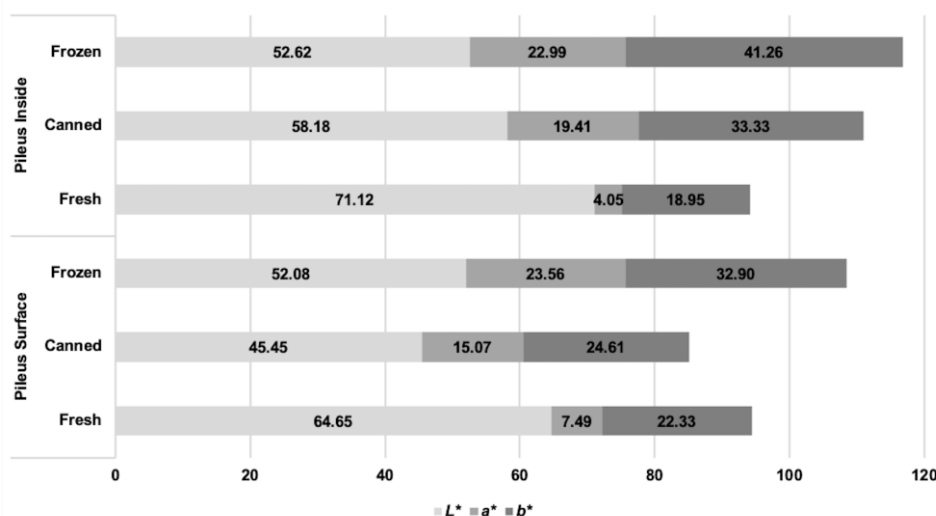


Figure 2. Colour value results of *L. semisanguifluus* by sample kind

* L : Lightness of the sample, 100=white, 0=black; * a : Redness when the values are positive and greenness when the values are negative; * b : Yellowness when the values are positive and blueness when the values are negative.

L. semisanguifluus has a remarkable orange yellow colour. As reported by Kalac (2013) compared to plants, mushrooms lack chlorophyll and anthocyanins, and carotenoids are not common in mushrooms. Noticeable colour differences, mostly darkening, appear in some types after the mechanical damage of fruit body tissues. These kinds of changes are usually caused by enzymatically catalysed oxidation of different polyphenols to quinones.

The frozen mushroom samples were statistically higher ($P < 0.05$) in a^* values than the fresh and canned mushrooms. These results showed that the frozen mushrooms had a redder pileus surface. The b^* values of the frozen samples are significantly higher ($P < 0.05$) than the fresh and canned samples. When the inside colour of the pileus of the fresh samples was examined, they were found to be significantly higher ($P < 0.05$) in L^* value. The canned and frozen samples had similar colours inside their pileus; they appeared to be darker than the fresh mushroom samples. The fresh mushrooms had significantly lower a^* and b^* values inside their pileus. As a result of the drying process, the dried samples lost lightness and had lower L^* , a^* and b^* values than the fresh, canned, and frozen samples. A similar result was also found by Peksen and Karaca (2000) who determined the L^* , a^* and b^* values as 42.03, 2.15 and 16.44, respectively.

3.2. Chemical properties of samples

Table 2 demonstrate the results of the physicochemical properties of the *L. semisanguifluus*. The moisture content ranged between 8.86% to 90.43 in all the samples. As expected, the dried mushroom samples had significantly ($P < 0.05$) lower (8.86%) moisture value than the other samples due to the processing method. By contrast, the canned mushroom samples had the highest (90.43%) moisture value; however, there were no significant differences ($P < 0.05$) between the fresh, canned, and frozen samples. In the presented research, the mean result for moisture value was found to be 89.57% (not including the dried sample results). This data was almost the same as the one reported from Greece on *L. semisanguifluus* as 89.59% (Jedidi et al., 2017). Owing to the dehydration process, the moisture content of the dried samples was detected very low (8.86%). The aim of the drying process of agricultural products; is to prevent the formation of biochemical reactions and the development of microorganisms in the product by removing the free water in the fresh product (Karacabey et al., 2020). Dried products are among the important processed foods because they have long storage periods (Şahin et al. 2012).

Table 2 shows the ash contents of the samples. The highest value of the ash content was found in the dried samples (5.94%), while the ash content of the other samples ranged from 2.79% to 4.75 %. The values within all

the samples showed significant differences ($P<0.05$). Kalac (2013) reported that the ash content of mushrooms ranged between 6-12% dry weight (dw). The amount of ash in the current study was observed to be below this value. The ash quantity was found to be 5.94 only in the dried samples. Similar ash contents (5.90%) of *L. semisanguifluus* were found in fresh and frozen samples by Kalogeropoulos et al. (2013).

Table 2. Chemical properties of fresh and processed *L. semisanguifluus**

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)**	Fat (%)
Fresh	89.86±0.14 ^a	4.75±0.32 ^{ab}	3.34±0.42 ^b	1.20±0.40 ^b
Dried	8.86±0.06 ^b	5.94±0.72 ^a	18.53±0.08 ^a	7.99±0.17 ^a
Canned	90.43±0.15 ^a	2.79±0.05 ^c	1.21±0.27 ^d	0.53±0.05 ^c
Frozen	88.42±2.80 ^a	3.99±0.18 ^{bc}	2.25±0.12 ^c	0.65±0.02 ^c

*Estimated dry weight basis

** Protein conversion factor $N \times 6.25$

Mean values represented by the same letters within the same column are not significantly different at $P<0.05$.

Data are expressed as means \pm standard deviations ($n=3$).

The protein levels of the samples were demonstrated in Table 2. According to the results, compared with the fresh, frozen, and canned samples, the dried samples had the highest concentration of protein (18.53%). This fact might be partially due to the decrease in the moisture value. The protein content of the fresh mushrooms was found to be approximately 1.5 and 2.5 times higher than that of the canned and frozen samples. The values within all the samples showed statistically significant differences ($P<0.05$). Jedidi et al. (2017) reported the level of crude protein in *Lactarius deliciosus* as high as 18.09% dw, which was similar to our results. The protein contents of the other samples were estimated using the fresh samples. The fresh samples had the highest concentration of protein (3.34%), followed by the frozen (2.25%) and canned (1.21%) samples. Barros et al. (2007b) reported that while the boiling procedure could cause an important reduce in the protein content of the mushroom, the protein content remained almost stable during air-drying. 1.58% protein content was found in the freeze-dried *L. samisanguifluus* by Kalogeropoulos et al. (2013). Barros et al. (2007a) reported in another study that *T. portentosum* and *L. giganteus* had high protein levels (2.12%, 3.40%, respectively). As reported by Mendil et al. (2005) dried mushrooms had 17.5% protein content. This is similar to the protein content of the dried samples which were measured in this study. As expected, the drying procedure considerably increased the nutritional components ratio by decreasing the water content. In spite of that, if values are estimated on a fresh basis, lower ash, crude protein, and fat contents can be observed. The same results were observed in other studies which focused on different mushroom types (Manzi et al., 2004). On the other hand, Bano and Rajarathnam (1982) reported that protein contents of mushrooms depended on the compound of the substratum, size of pileus, harvest time, and species of mushrooms.

As can be viewed in Table 2, the fat concentration of the canned (0.53%) and frozen (0.65%) samples had nearly the same values. These results showed that the fresh samples had higher fat value (1.20%) than the other samples. According to these results, the process of canning and freezing decreased the fat content approximately in half. The same pattern was observed by Kalogeropoulos et al. (2013) who found out that the freeze-dried *L. samisanguifluus* samples had low fat (0.39%) content. In the study published by Barros et al. (2007a) it was reported that wild mushrooms, in general, had a lower quantity of fats compared to commercial mushrooms. Figure 3A shows the results of the cluster analysis of the chemical composition of the samples. According to the graphics processed mushrooms were divided into two group. Assessing on the chemical content, including the frozen samples, the fresh and canned samples were in a same group, differently than the dried samples. As expected, the chemical characteristics of the dried samples were intensive than the other group.

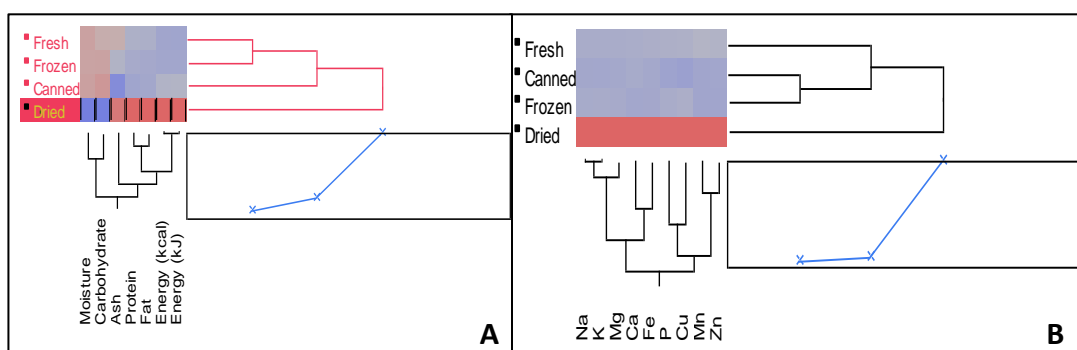


Figure 3. Hierarchical Clustering Analysis-Dendrogram for all processed wild grown edible mushroom samples concerning the content of (A) chemical analyses, (B) macro and micro mineral contents.

The carbohydrate contents and energy values of *L. semisanguifluus* are shown in Table 3. The highest level of carbohydrate was observed in the dried samples (58.68%), followed by the canned (4.69%) and frozen (5.03%) samples. The values within all the samples showed statistically significant differences ($P < 0.05$). Kalogeropoulos et al. (2013) also declared the carbohydrate content as 7.88% in their study.

Table 3. Distribution of carbohydrate contents and energy values by processing kind of sample

Sample	Carbohydrate (%)	Energy (kcal 100g ⁻¹)	Energy (kJ)
Fresh	0.85±0.18 ^c	27.56±2.49 ^b	115.63±3.12 ^d
Dried	58.68±1.55 ^a	380.75±1.32 ^a	1608.20±5.41 ^a
Canned	4.69±0.07 ^b	33.61±4.92 ^b	142.03±2.97 ^b
Frozen	5.03±0.03 ^b	29.82±0.13 ^b	126.06±4.88 ^c

Mean values represented by the same letters within the same column are not significantly different at $P < 0.05$. Data are expressed as means ± standard deviations (n=3).

The energy value (Table 3) was found to be significantly higher in the dried samples than the other samples. The energy values of the fresh, canned, and frozen samples were similar and statistically non-significant. While the energy value was found to be lowest in the fresh samples with a value of 27.56 kcal 100g⁻¹, the highest energy value was found in the dried samples (380.75 kcal 100g⁻¹). With the exception of the dried samples, similar results were found by Kalac et al. (2009). It was also reported by Kalac (2009) that low dry matter and lipid contents resulted in low energy values of mushrooms.

As reported by Barros et al. (2007a), wild mushrooms are good sources of protein and have low amounts of fat, making them an ideal foodstuff. Compared to their protein and carbohydrate contents, mushrooms have a very low-fat content (Wani et al., 2010). Likewise, the high protein, carbohydrate, and low-fat ratio of edible wild mushrooms have been previously evaluated by other researchers (Diez and Alvarez, 2001). Being a rich source of protein and carbohydrate content, they fall between most legumes and meat (FAO/WHO, 1989) and can be a perfect substitute food used in low-calorie diets for their low contents of fat and energy (Barros et al., 2007a).

The macro and micro mineral compositions of the samples are displayed in Table 4. According to the results, the most abundant macro mineral was found to be K, (ranging from 108.6 mg 100g⁻¹ to 2367.4 mg 100g⁻¹ dw), followed by P, Mg, and Na. As mentioned in the last research, it was reported that mushrooms contained a wide ratio of mineral components, particularly P and K (Barros et al., 2007b).

The Fe element (0.58-9.4 mg 100g⁻¹) was detected as the most abundant micro mineral in the samples. On the other hand, the micro minerals (Fe, Cu, Zn, and Mn) were found to be statistically ($P < 0.05$) similar in the canned and frozen samples. Aloupi et al. (2012) reported that *L. semisanguifluus* contained Fe, Cu, Zn, and Mn (0.48 mg 100g⁻¹, 0.93 mg 100g⁻¹, 7.04 mg 100g⁻¹, and 0.51mg 100g⁻¹, respectively). The amounts of mineral contents vary according to the species, age, and the diameter of the fruiting body (Wani et al., 2010). According to the Food and Drug Administration (FDA), the daily intake of macro minerals should be 4700, 1250, 1300 and 420 mg for K, P,

Ca and Mg elements, respectively. This amount should be 11, 18, 2.3 and 0.9 mg for the micro elements Zn, Fe, Mn and Cu, respectively (Anonymous, 2019). Considering these amounts, it is seen that especially the dried mushroom investigated in this present study provides an important part of the daily macro and microelement needs.

Table 4. Macro and micro mineral composition of fresh and processed *L. semisanguifluus*

Samples	Macro Minerals (mg 100g ⁻¹)				
	Na	K	Mg	Ca	P
Fresh	7.78±1.8 ^b	244.5±1.8 ^b	12.0±6.0 ^{ab}	4.19±2.1 ^b	57.5±3.9 ^b
Dried	38.0±2.1 ^a	2367.4±9.9 ^a	13.50±1.2 ^a	21.2±4.1 ^a	182.7±7.5 ^a
Canned	5.84±2.1 ^c	108.6±2.6 ^d	5.79±1.6 ^c	3.8±5.5 ^{bc}	37.4±1.8 ^d
Frozen	7.15±1.2 ^b	221.9±1.9 ^c	9.70±1.6 ^b	3.0±2.1 ^c	52.6±5.3 ^c
Samples	Micro Minerals (mg 100g ⁻¹)				
	Fe	Mn	Cu	Zn	
Fresh	1.27±0.9 ^b	0.23±0.11 ^b	0.21±0.04 ^b	0.71±0.64 ^b	
Dried	9.4±2.6 ^a	0.79±1.41 ^a	0.58±0.71 ^a	3.92±3.9 ^a	
Canned	0.65±2.1 ^c	0.12±0.05 ^c	0.13±0.07 ^c	0.18±0.57 ^c	
Frozen	0.58±1.2 ^c	0.12±0.07 ^c	0.17±0.06 ^c	0.14±0.47 ^c	

Mean values represented by the same letters within the same column are not significantly different at (P<0.05). Data are expressed as means ± standard deviations (n=3).

All the mineral concentrations were determined on a dry weight basis.

According to the results of the dendrogram graphs (*Figure 3B*), based on the mineral content, the canned and frozen samples showed similar characteristics. The dried mushrooms were in a different group than the other samples. Various authors reported that wild edible mushrooms were highly nutritional and were compared extremely with meat, egg, and milk (Adejumo and Awosanya, 2005). Accordingly, people living in rural areas believe that wild mushroom has an equal nutritional value with meat. As a result, despite the fact that wild mushrooms grow spontaneously in many regions of Turkey, they should be consumed carefully. It is very important to know the edible species in terms of human health.

4. Conclusions

Due to the mushrooms lose their quality immediately after harvest, it requires some process to prevent its deterioration. In this study, the changes in the chemical and nutritional values as well as morphological properties of *L. semisanguifluus*, the wild-grown edible mushroom which was treated with different processes, were determined. According to the results, all processing techniques influenced the nutritional value of the mushroom. In present study, the drying method significantly increased the nutrient concentration by decreasing the water content. The freezing and canning procedures revealed poor decreased chemical results compared to the fresh samples. The results of the present study indicated that in order to protect the nutritional properties of mushrooms, the freezing process is the best protection technique rather than the canning process, and consequently recommend frozen mushrooms, which are frozen under suitable conditions, in terms of nutritional value. In conclusion, due to its functional properties, high nutritional values, low contents of fat and energy, and the composition of mineral matter, *L. semisanguifluus* is an excellent food that can be suitable for use in the diet with its functional compounds, and other nutritional values. The canned and frozen mushrooms can be used to prepare the meal in that shape and that dried mushroom can, however, be milled as a flour and can be used to production of some food such as biscuit, cracker, bread, noodle, snack and chips as an additive which would help take advantage of its nutritional values. It was concluded that *L. semisanguifluus* can be processed with different techniques and can be used not only for household consumption but also in food industry.

Acknowledgement

This work was supported by the Scientific Research Council of Uludag University under Grant number OUAP (Keles MYO)-2014/16[D], Türkiye.

References

- Adejumo, T.O., Awosanya, O.B. (2005). Proximate and mineral composition of four edible mushroom species from South Western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 10(4): 1084-1088.
- Aloupi, M., Koutrotsios, G., Koulousaris, M., Kalogeropoulos, N. (2012). Trace metal contents in wild edible mushrooms growing on serpentine and volcanic soils on the island of Lesbos, Greece. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 78: 184-194.
- Anonymous, (2019). Food and Drug Administration (FDA), <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocuments/RegulatoryInformation/LabelingNutrition/UCM513817.pdf>. (Accessed date: 05.03.2019)
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (15th ed.). Arlington, Virginia, USA, 1298 p.
- Arora, B., Kamal, S., Sharma, V.P. (2018). Nutritional and quality characteristics of instant noodles supplemented with oyster mushroom (*P. ostreatus*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13521.
- Aryantha, I.N.P., Kusmaningati, S., Sutjiatmo, A.B., Sumartini, Y., Nursidah, A., Narvikasari, S. (2010). The effect of *Laetiporus* sp. (Bull. Ex. Fr.) *bond. Et sing (Polyporaceae)* extract on total blood cholesterol. *Biotechnology*, 9: 312-318.
- Aydın, E., Gurbuz, I.B., Karahan, H., Basdar, C. (2017). Effect of different processing technologies on chemical properties of wild-grown edible mushroom *Macrolepiota procera* var. *procera* (scop.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41: e12802.
- Bach, F., Helm, C.V., Belletini, M.B., Maciel, G.M., Windson, C., Haminiuk, I. (2017). Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. *International Journal of Food Science and Technology*, 52: 2382–2392.
- Bano, Z., Rajarathanam, S. (1982). Pleurotus mushrooms as a nutritious food. In: Tropical mushrooms - Biological Nature and cultivation methods. (Eds. Chang S.T., Quimio, T.H.) The Chinese University Press. Honkong. 363-382.
- Barros, L., Baptista, P., Correia, D.M., Casal, S., Oliveira, B., Ferreira, I.C.F.R. (2007a). Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chemistry*, 105(1): 140-145.
- Barros, L., Baptista, P., Correia, D.M., Morais, S.J., Ferreira, I.C.F.R. (2007b). Effects of conservation treatment and cooking on the chemical composition and antioxidant activity of Portuguese wild edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 4781-4788.
- Burton, K., Noble, R. (1993). The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. *Postharvest Biology and Technology* 37(1): 39-47.
- Cerón-Guevara, M.I., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J.M., Bermúdez, R., Pateiro, M., Rodríguez, J.A., Sanchez-Ortega, I., Santoz, E.M. (2019). Effect of the addition of edible mushroom flours (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) on physicochemical and sensory properties of cold-stored beef patties. *Journal of Food Process Preservation*, 1-12:e14351.
- Costa, R., Tedone, L., De Grazia, S., Dugo, P., Mondello, L. (2013). Multiple headspace-solid-phase microextraction: An application to quantification of mushroom volatiles. *Analytica Chimica Acta*, 770, 1–6.
- Diez, V.A., Alvarez, A. (2001). Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from Northwest Spain. *Food Chemistry*, 75: 417-422.
- Doğan, N., Doğan, C. (2021). Egzotik bazı mantarların (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii*, *Hericium erinaceus*) fizikokimyasal, biyoaktif ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 13(1), 30-36.
- Doğan, N., Doğan, C., Atila, F. (2021). Parts from life-cycle of *H. erinaceus*: response surface methodology approach to optimize extraction conditions and determination of its antioxidant, antidiabetic and antimicrobial effect. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food sciences*, 10(6), e3703-e3703.
- Doğan, N., Doğan, C., Çam, M., Hayoğlu, İ. (2020). Optimization and comparison of three cooking methods for wheat flour-oyster mushroom (*P. ostreatus*) powder composite chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14873.
- Erkel, I. (2000). Kültür Mantarı Yetiştiriciliği (Cultivated Mushroom Cultivation). 2. Baskı. İstanbul, Türkiye, Kocaelik Yayınevi. (In Turkish).
- FAO, (2003). Food and Agriculture Organization (FAO) Food energy-methods of analysis and conversion factors. Report of a technical workshop. FAO Food and Nutrition Paper No. 77, Rome.
- FAO/WHO, (1989). Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO). Protein quality evaluation. Report of the joint FAO/WHO expert consultation. Food and Nutrition Paper no. 51. Food and Agriculture Organizations and the World Health Organization, Rome, Italy.
- Farzana, T., Mohajan, S. (2015). Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom. *Food Science & Nutrition*, 3(5): 363-369.
- Fernandes, A., Antonio, A.L., Oliveira, M.P.P., Martins, A., Ferreira, I.C.F.R. (2012). Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 135: 641-650.
- Friedman M. (2016). Mushroom polysaccharides: chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. *Foods*, 5(4): 80.

- Gençcelep, H., Uzun, Y., Tunçturk, Y., Demirel, K. (2009). Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry*, 113:1033-1036.
- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loredó, A., Rodríguez, R., Contreras, C., Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11: 7400-7414.
- Italian Law (1993). G.U. dell 24/3/1993 no 69, P.17.
- Jaworska, G., Bernas, E. (2009). The effect of preliminary processing and period of storage on the quality of frozen *Boletus edulis* (Bull: Fr.) mushrooms. *Food Chemistry*, 113: 936-943.
- Jedidi, I.K., Ayoub, I.K., Philippe, T., Bouzouita, N. (2017). Chemical composition and nutritional value of three Tunisian wild edible mushrooms. *Food Measurement*, 11: 2069-2075.
- Kalac, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 113: 9-16.
- Kalac, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 209-218.
- Kalogeropoulos, N., Yanni, A.E., Koutrotsios, G., Aloupi, M. (2013). Bioactive microconstituents and antioxidant properties of wild edible mushrooms from the island of Lesbos, Greece. *Food Chemical Toxicology*, 55: 378-385.
- Kalyoncu, F., Ergonul, B., Yildiz, H., Kalmis, E., Solak, M.H. (2010). Chemical composition of four wild edible mushroom species from southwest Anatolia. *Gazi University Journal of Science*, 23: 375-379.
- Karacabey, E., Aktaş, T., Taşeri, L., Seçkin, G.U. (2020). Examination of different drying methods in Sultana deedless rapes in terms of drying Kinetics. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17 (1): 53-63.
- Manzi, P., Marconi, S., Aguzzi, A., Pizzoferrato, L. (2004). Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*, 84: 201-206.
- Mendil, D., Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Hasdemir, E., Sari, H. (2005). Trace metal levels in mushroom samples from Ordu, Turkey. *Food Chemistry*, 91: 463-467.
- Mukerji, K.G., Manoharachary, C. (2010). Taxonomy and Ecology of Indian Fungi. New Delhi, Bangalore, India, I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. P.188.
- Nakılcioglu-Taş, E., Ötleş, S. (2020). Kinetics of colour and texture changes of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) coated with chitosan during storage at low temperature. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 92(2): e20181387.
- Omer, I.I., Alfaig, E.A.A. (2020). Chemical composition and nutritional value of some type of wild mushrooms in Blue Nile State. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 5(2): 22-30.
- Peksen, A., Karaca, G.H. (2000). Samsun İli ve Çevresinde Saptanan Yenilebilir Mantar Türleri ve Bunların Tüketim Potansiyeli (Edible mushroom species and their consumption potential in Samsun province and its surroundings). *Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi*. 20-22 September, P: 100-111. İzmir, Türkiye, (In Turkish).
- Pereira, E., Barros, L., Martins, A., Ferreira, I.C.F.R. (2012). Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*, 130: 394-403.
- Politowicz, J., Lech, K., Lipan, L., Figiel, A., Carbonell-Barrachina, Á.A. (2018). Volatile composition and sensory profile of shiitake mushrooms as affected by drying method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 1511-1521.
- Rachappa, P., Sudharma, D.C., Chauhan, O.P., Patki, P.E., Nagaraj, R., Naik, S., Naik, R. (2020). Development and evaluation of white button mushroom based snacks. *Journal of Food Processing and Technology*, 11:3, 824.
- Rathore, H., Prasad, S., Sharma, S. (2017). Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. *Pharma Nutrition*, 5(2): 35-46.
- Sarikurkcü, C., Tepe, B., Solak, M.H., Cetinkaya, S. (2012). Metal concentrations of wild edible mushrooms from Turkey. *Ecology of Food and Nutrition*, 51: 346-363.
- Şahin, F.G., Ülger, Aktaş, T., Orak, H.H. (2012). Effect of different pretreatments and vacuum drying method on drying characteristics and quality criteria of tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 9(1):15-25.
- Valverde, M.E., Hernández-Pérez, T., Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: Improving human health and promoting quality life. *International Journal of Microbiology*, 376387.
- Wani, B.A., Bodha, R.H., Wani, A.H. (2010). Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plant Research*, 4(24): 2598-2604.
- Wasser, S. (2002). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60, 258-274.
- Xu, X., Yan, H., Chen, J., Zhang, X. (2011). Bioactive proteins from mushrooms. *Biotechnology Advances*, 29, 667-674.

Zeng, X., Suwandi, J., Fuller, J., Doroñila, A., Ng, K. (2012). Antioxidant capacity and mineral contents of edible wild Australian mushrooms. *Food Science and Technology International*, 18(4): 367-379.

Determination of the Application Parameters of Spraying Drones for Crop Protection in Hazelnut Orchards

Fındık Bahçelerinde Bitki Koruma Uygulamalarında İlaçlama İçin Kullanılan İnsansız Hava Araçlarının Uygulama Parametrelerinin Belirlenmesi


Hasan Berk ÖZYURT¹, Hüseyin DURAN², İlker Hüseyin ÇELEN^{3*}


Abstract

Hazelnut, which has the most common cultivation area after almonds and walnuts among the shell fruits in the world, contains high levels of fat, protein, carbohydrates, various minerals and vitamins. Hazelnut has a broad growing area around the world, and Turkey accounts for 58% of world production with 776,000 tons annually. With this production capacity, Turkey ranks first in hazelnut production over the world. Harmful insects in hazelnut trees are the main factors that reduce hazelnut yield and quality. Pesticides are sprayed with backpack sprayers in the fight against these pests in hazelnut trees. Farmers are directly exposed to pesticides in these practices, which use high amounts of pesticides and water. In recent years, the use of unmanned agricultural vehicles in agriculture has increased. Drones are also used in pesticide applications in agriculture. In this study, the suitability of pesticide applications with the drone in hazelnut fields in Giresun province in terms of field conditions and spraying efficiency was investigated. In September 2021, applications were made with DJI Agras MG-1P model spraying drone in a selected hazelnut orchard in Uzgur village of Giresun province. The drone has 4 Teejet XR11001VS fan jet nozzles. Water-sensitive papers were placed on different regions on the hazelnut trees to be sprayed for drop measurements. In the experiments, hazelnut trees were sprayed using water at different heights and spraying rates. 6 flights were carried out at 1.5 and 2 meters altitudes and 1, 2 and 3 L.da⁻¹ spray rates, and three hazelnut trees were sprayed as three repetitions in each flight. After the flight trials, the water-sensitive papers were scanned on the scanner, and the volume median diameters and the number of droplets per square centimetre were calculated in the DepositScan software. As a result of the analyses done, it was observed that the applications performed at 1 L.da⁻¹ and 2 L.da⁻¹ spray rates would not be sufficient in terms of spraying efficiency. As the drone flight altitude increased, the accumulation of the drops on the inner leaves decreased. In terms of drop distribution, the most homogeneous application parameter was found to be 1.5 meters high above the upper leaves of the hazelnut trees and 3 L.da⁻¹ spray rate.

Keywords: Hazelnut, Drone, Spraying, Volume median diameter, Pesticide, Droplet

¹Hasan Berk Özyurt, Namık Kemal Mah. Kampüs Cad. Ziraat Dekanlık Binası Kat:2 Biyosistem Müh. Bölümü Süleymanpaşa/Tekirdağ/Türkiye. E-mail: berkozyurt@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-0775-1723

²Hüseyin Duran, 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Müh. Bölümü 55139 Kurupelit, Samsun, Türkiye E-mail: huseyin.duran@omu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2740-8941.

^{3*}**Corresponding Author:** İlker Hüseyin Çelen, Namık Kemal Mah. Kampüs Cad. Ziraat Dekanlık Binası Kat:2 Biyosistem Müh. Bölümü Süleymanpaşa/Tekirdağ/Türkiye. E-mail: icelen@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-1652-379x

Atıf/Citation: H.B., Özyurt, Duran, H., Çelen, İ.H. Determination of the application parameters of spraying drones for crop protection in hazelnut orchards. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 819-828.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Öz

Dünyada kabuklu meyveler arasında badem ve cevizden sonra en yaygın ekiliş alanına sahip meyve olan fındık, içerisinde yüksek oranda yağ, protein, karbonhidrat, çeşitli mineraller ve vitaminler içermektedir. Fındık, dünyada geniş bir yetişme alanına sahiptir ve Türkiye, yıllık 776.000 ton üretimle dünya üretiminin %58'ini karşılamaktadır. Bu üretim kapasitesi ile Türkiye, dünyada fındık üretiminde birinci sıradadır. Fındık ağaçlarında zararlı böcekler, fındık verimini ve kalitesini düşüren etmenlerin başlıcalarıdır. Fındık ağaçlarında bu zararlılarla mücadelede sırt pülverizatörleri ile pestisit uygulamaları yapılmaktadır. Yüksek miktarda ilaç ve su kullanımı ile yapılan bu uygulamalarda, çiftçiler direkt olarak pestisitlere maruz kalmaktadır. Son yıllarda insansız tarım araçlarının tarımda kullanım alanı artmıştır. İnsansız hava araçları tarımda pestisit uygulamalarında da kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada Giresun ilindeki fındık arazilerinde insansız hava araçları ile pestisit uygulamalarının arazi koşulları ve ilaçlama etkinliği açısından uygunluğu araştırılmıştır. 2021 Eylül ayında Giresun iline bağlı Uzgur köyünde seçilen bir fındık bahçesinde DJI Agras MG-1P model ilaçlama için kullanılan insansız hava aracı ile uygulamalar yapılmıştır. İnsansız Hava Aracı üzerinde Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli memeler kullanılmıştır. Püskürtme yapılacak fındık ağaçlarının üzerindeki farklı bölgelere damla ölçümleri için suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir. Denemelerde farklı yükseklik ve ilaçlama normlarında fındık ağaçları üzerine su kullanılarak püskürtme yapılmıştır. 1.5 ve 2 metre yüksekliklerde ve 1, 2 ve 3 L.da⁻¹ püskürtme normlarında toplam 6 uçuş gerçekleştirilmiş, her uçuşta üç tekerrür olarak üç adet fındık ocağı ilaçlanmıştır. Uçuş denemelerinden sonra suya duyarlı kağıtlar yazıcıda taranarak DepositScan yazılımında ortalama damla çapları ve santimetrekaredeki damla sayıları hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, 1 L.da⁻¹ ve 2 L.da⁻¹ püskürtme normunda yapılan uygulamaların ilaçlama etkinliği açısından yeterli olmayacağı gözlenmiştir. İHA uçuş yüksekliği arttıkça damlaların iç yapraklardaki birikimi azalmıştır. Damla dağılımı açısından en homojen uygulama parametresi 1.5 metre yükseklikte ve 3 L.da⁻¹ püskürtme normu olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fındık, İnsansız hava aracı, Drone, İlaçlama, Hacimsel ortalama çap, Pestisit, Damla

1. Introduction

Nuts (*Corylus avellana L.*) are the third fruit with the most common production area after almonds and walnuts among nuts (Bars, 2018). It contains 64% vegetable oil, 16.5% protein, 14% carbohydrates, various minerals and vitamins (Anil et al., 2018). There is 634 kcal energy in 100 gr hazelnuts which can meet 22% of the daily protein needs of an adult. It has a wide cultivation area throughout the world as Southern and Eastern Europe, Central Asia, North Africa, and America. With an annual production of 776000 tons, Turkey meets 58% of the world's consumption and ranks first in the total production amount (Anonymous, 2020a). Hazelnut cultivation in Turkey is most common in Ordu, Giresun, and Samsun in the Eastern Black Sea Region; in addition, 386194 quarries exist in the provinces of Sakarya and Düzce (Anonymous, 2020b).

Harmful insects seen in hazelnut orchards are at the top of the factors that reduce the yield and quality of hazelnut (Uzundumlu et al., 2017). Around 250 hazelnut pests have been detected worldwide, causing a vital economic loss (Kılıç, 2014). Hazelnut Skunk (*Palomena prasina L.*) and Nut worm (*Curculio nucum L.*) are two species with the highest damage level in Turkey (Ateş and Kaçar, 2021). Öztürk and Islam (2019), in their study in old and new hazelnut production areas, reported that producers struggled against pests such as powdery mildew, hazelnut worm, wood borer, cone mite, hazelnut sprout moth.

Chemical control against pests in hazelnut trees is usually carried out with a back sprayer for reasons such as the uneven terrain of the lands and irregular tree arrangement. As the terrain slope increases in hazelnut orchards, the use of pesticides also increases (Uzundumlu et al., 2017). Although these pesticide applications are effective, the damage to living and the environment has always encouraged researchers to develop new techniques (Çelen et al., 2020). To cover every surface of the trees, farmers apply pesticides using excess water and pesticides. In this case, both economic and environmental damages occur with excessive pesticide use, and non-target areas are also exposed to pesticides with spray drift. In addition to these problems, the farmers who spray with the backpack sprayer should wear suitable clothes, masks, gloves, etc. In cases where they do not use protective clothing, they are directly exposed to the sprayed chemical. This situation causes health problems both in the short and the long term.

Unmanned aerial vehicles have been helping manufacturers in agriculture for many years. As the developing technology increases the efficiency of drone components such as batteries, control, and propellers, their use in agriculture has become even more economical and attractive. Today, drones are used in agriculture for remote sensing, monitoring of pests and plant health, fertilization, and spraying. In the production of field and horticultural crops, a drone equipped with a multispectral camera takes images on the land with a camera. A field map is created with those images, and it can be determined in which region the plants are healthy and in which they are unhealthy. Alike, cameras can detect the rust spots on the leaves, and fungal diseases can be prevented. Besides, drones also detect the health of the soil with remote sensing (Sari, 2022). In addition to its imaging function, drones also find a place in agriculture in the field of application. Especially in recent years, aerial spraying has been made possible by mounting a small liquid tank, pump, and spray nozzles on drones. Thus, drones can apply pesticides in cases where it is difficult to enter the field with a tractor or various spraying equipment (Çelen et al., 2020).

The use of drones in pesticide applications has begun to find a place in all kinds of agricultural production. Research on this subject has spread to the entire field of agricultural sciences. The efficacy of pesticide applications for horticultural crops has also been investigated in recent years. Relatively low amounts of water used during spraying application by drones have made the research on the effectiveness of the spray widespread. Li et al. (2021) applied pesticides at two different spray rates (46.8 L ha^{-1} and 93.5 L ha^{-1}) with drones to fight against Scolytinae on almond trees and compared spray deposition and surface coverage values with an air-assisted sprayer. As a result of the study, they stated that while there was more spray deposition on the lower leaves in ground spraying, there was more spray deposition on the upper leaves in the application with a drone. Considering the biological efficacy of the application, they concluded that both applications managed to keep the effect of the Scolytinae below the economic damage threshold. The researchers stated that with a proper spray rate and height adjustment, drones can be used in horticulture, but more studies are needed to be performed. Chojnacki and Pachuta (2021) investigated the effects of different parameters on the droplet distribution of pesticide applications with drones in cherry trees. In the study, the downwash effect created by the propellers affected the droplet distribution, allowing the pesticide to deposit more in the middle and lower parts of the tree. In the application made with twin-angle

spray nozzles, more pesticide deposition was observed compared to the application with a single-outlet spray nozzle. The authors concluded that the downward thrust created by the propellers of the drone had a positive effect on the distribution of droplets in the trees. Irfan et al. (2021) examined the droplet distribution in pesticide applications with drones on mango trees. They stated that the shape and structure of the tree also had a significant effect on the droplet distribution besides the drone parameters. As can be deduced from the research, the effectiveness of pesticide applications in pesticide applications by drones in orchards varies depending on the flight route, flight speed, height, pesticide rate, droplet size, tree shape, and plant spacing (Wang et al., 2019).

The irregular and sloping terrain in hazelnut orchards and low efficacy of the ground spraying have made drone use for spraying purposes in hazelnut orchards in the Black Sea Region attractive. The operator can control the spraying drone with the remote control from the outside without entering the hazelnut orchard. In this way, both faster and safer spraying can be practiced on sloping lands, and the operator is not directly exposed to pesticides as ground spraying.

It was aimed to investigate the suitability of pesticide applications with drones to reduce the adverse impacts of various pests in hazelnut orchards in the Black Sea Region, in terms of field conditions and spraying efficiency.

2. Materials and Methods

Drone spraying trials in hazelnut (*Corylus colurna*) orchards were carried out in a hazelnut orchard in Uzgur Village of Giresun province in September 2021 at the coordinates of 40° 53' 12" North 38° 21' 28" East (Figure 1). In order to eliminate the influence of the wind and temperature on spraying quality, spraying trials were carried out in a day with calm and clear weather. In addition, temperature, humidity, and wind speed values were recorded during the applications.



Figure 1. Satellite Image of the Trial Site

DJI Agras MG-1P model spraying drone was used. This spraying drone has 8 rotors, and each rotor has 2 propellers. There is a 10-liter chemical tank on it, and the pesticide is sprayed from 4 spray nozzles with 2 electric diaphragm pumps. Spray nozzles are Teejet XR11001VS flat fan nozzles with 110-degree spray angle, which are preferred in ultra-low volume spraying applications generally used in drones (Figure 2). According to catalogue values, 1-hectare area can be sprayed with a 10-minute flight at 10 L ha⁻¹ spray rate.

The spraying drone is controlled by a licensed operator with a remote control device. Before starting the application, the operator determines the boundaries of the area by walking around, thanks to the GPS in the remote control device. Then land borders, flight parameters, and spray rate on the screen on the remote control device are set. When the application begins, the spraying drone automatically takes off and sprays pesticide on the route created before. To assist this automatic flight, the drone has a built-in GPS and a radar system used to help it avoid obstacles. Radars are positioned on the front, back, and side of the drone. The front and rear radars detect the slope of the terrain and ensure that the height of the drone remains constant relative to the ground. The radar on the side

allows for a more precise height adjustment. Although the precision of the GPS on the drone is about 2 meters during flight, this value is not enough to prevent overlaps and stay on the flight path. To provide more precision, an external RTK station connected to the spraying drone and the remote control device simultaneously during the flight is used. Thanks to this station, the position precision of the spraying drone increases to 2-3 cm. The technical specifications of the spraying drone are shown in Table 1.

Table 1. Technical specifications of DJI Agras MG-1P model spraying drone

Features	Values
Total Weight	9.7
Dimensions (mm)	1460 × 1460 x 578 mm (arms open, without propeller) 780 × 780 × 578 mm (arms closed)
Maximum Power Consumption (W)	6400
Airtime (minutes)	20
Lowest Height Over Plant (mm)	1500
Type and Number of Spray Nozzles	Teejet XR11001VS 4 pcs
Flow rate of spray nozzles (l sec ⁻¹)	0.379
Tank Capacity (liter)	10
Spray Width (m)	4
Maximum Spraying Rate (m s ⁻¹)	7
Maximum Flight Speed (m s ⁻¹)	12
Battery Capacity (mAh)	12000
Battery Weight (kg)	4

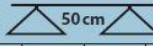
Nozzle Model	Pressure (bar)	DROP SIZE		CAPACITY ONE NOZZLE IN l/min	I/ha 													
		80°	110°		4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	
		XR8001	1.0		F	F	0.23	69.0	55.2	46.0	39.4	34.5	27.6	23.0	17.3	15.3	13.8	11.0
XR11001 (100)	1.5	F	F	0.28	84.0	67.2	56.0	48.0	42.0	33.6	28.0	21.0	18.7	16.8	13.4	11.2	9.6	
	2.0	F	F	0.32	96.0	76.8	64.0	54.9	48.0	38.4	32.0	24.0	21.3	19.2	15.4	12.8	11.0	
	2.5	F	F	0.36	108	86.4	72.0	61.7	54.0	43.2	36.0	27.0	24.0	21.6	17.3	14.4	12.3	
	3.0	F	F	0.39	117	93.6	78.0	66.9	58.5	46.8	39.0	29.3	26.0	23.4	18.7	15.6	13.4	
	4.0	F	VF	0.45	135	108	90.0	77.1	67.5	54.0	45.0	33.8	30.0	27.0	21.6	18.0	15.4	

Figure 2. Features of Spray Nozzles

In order to observe how the droplet distribution changes at different heights and spraying rates in the trials, spraying was carried out at two different heights (1.5 m - 2 m) and 3 different spray rates (1 L da⁻¹ - 2 L da⁻¹ - 3 L da⁻¹). The height values were considered as the distance from the upper leaves of the hazelnut trees, and the values of the spray rate were set from the menu on the remote-control device screen. It was applied as three repetitions for each height and spray rate value. The trial plan is shown in Table 2.

Table 2. Trial Plan

Trial No.	Height (m)	Spraying Rate (l da ⁻¹)	Code	Pressure (bar)
1	1.5	1	A1	0.5
2	2.0	1	A2	0.5
3	1.5	2	B1	0.5
4	2.0	2	B2	0.5
5	1.5	3	C1	0.5
6	2.0	3	C2	0.5

In order to examine the droplet distribution in hazelnut orchards with a drone, water-sensitive papers measuring 26 x 76 mm were used (Anonymous, 2022a)

For this purpose, the spraying drone sprayed three hazelnut trees in a single flight. After the take-off, the drone flew on the left side of the tree line, turned back from the end of the tree line, and continued flying on the right side of the tree line. During each trial, the drone took off from the starting point, started spraying at a distance of

5 meters from the trees in the planned route, after turning from the end of the tree line, it returned by spraying, stopped spraying at a distance of 5 meters from the tree line and returned to the starting point (Figure 3). The reason for creating a 5 meters buffer zone is to avoid the effect of the irregularity of the water rate that comes to the nozzles during the cut-off stage.

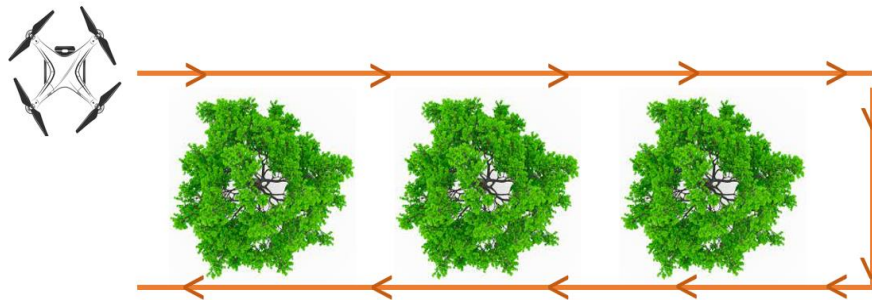


Figure 3. Flight route of the drone

In order to monitor the distribution of droplets delivered to different regions on the hazelnut tree, each tree was divided into 9 separate sections on the horizontal and vertical axis, and a water-sensitive paper was attached to a leaf with paper clips in each section. The separated regions on the tree are shown in Figure 4.

After each flight, the water-sensitive papers on the sprayed trees were collected and placed in sealed packages. After the test flights were over, all water-sensitive papers were scanned in a scanner at 600 dpi resolution and transferred to the computer. By using DepositScan software, droplet diameters, percentage of spray coverage, number of droplets per unit area, and the total number of droplets on water-sensitive papers were calculated (Zhu et al., 2011). The values measured on water-sensitive paper belonging to an experiment were transferred to Excel and graphed and the Coefficients of Variation were calculated.

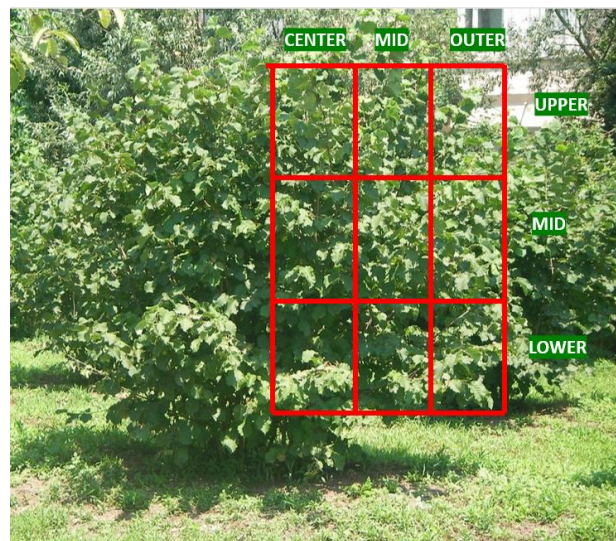


Figure 4. Regions Where Water Sensitive Papers Are Placed

3. Results and Discussion

A total of 6 flights were executed with the drone, and three hazelnut trees were sprayed in each flight to perform three repetitions. In total, 162 water-sensitive papers were collected from 18 trees. Droplet analyses were performed in DepositScan software and graphed in the Excel program. In the droplet analysis, $DV_{0.1}$, $DV_{0.5}$, $DV_{0.9}$ values, the number of droplets per cm^2 , the variation of the coverage percentages with the flight altitude and spray rate were examined, and the coefficients of variation were calculated.

Table 3 shows the average droplet diameters of the droplets deposited on water-sensitive papers as the result of the trials. According to these results, the lowest average droplet diameter of 238 μm was obtained in the A2 trial, and the highest average droplet diameter of 341 μm was obtained in the A1 trial. According to international

droplet classification criteria (Anonymous, 2022b), these droplet diameters vary between medium and coarse sizes. Although the promised droplet size is stated as "fine" in the catalogue of the spray nozzle used, the droplets are larger than normal due to low pressure, since spraying is performed at ultra-low spray rates and low pressures.

Table 3. Change of volumetric mean diameter $Dv_{0.5}$ values (μm)

	OUTER	MIDDLE	CENTRE		OUTER	MIDDLE	CENTRE
	A1				A2		
UPPER	322.5	310	266.5	UPPER	355	240	224.3
MIDDLE	343	300	294.5	MIDDLE	235.6	257.6	174
LOWER	332.5	584	316.6	LOWER	185.3	254.3	217.3
	B1				B2		
UPPER	299	382	455.6	UPPER	305.5	313.25	356.75
MIDDLE	412	268	340.6	MIDDLE	295.25	339	288.75
LOWER	294	260	331.6	LOWER	256.25	283.75	289.75
	C1				C2		
UPPER	144	219.3	314.3	UPPER	422	333	302
MIDDLE	333	268.6	353	MIDDLE	262.6	377.3	150.6
LOWER	292	262.3	285	LOWER	302	400	265.6

The lowest coefficient of variation obtained was 9% in trial B2, and the highest was 27% in trial A1. The coefficient of variation of all trials was calculated as 13%. According to these results, it can be said that there is uniformity in the mean droplet diameters. Table 4 shows the droplet densities on the water-sensitive papers calculated with the DepositScan software.

Table 4. Change in the number of droplets in cm^{-2} (number of droplets cm^{-2})

	Outer	Middle	Centre		Outer	Middle	Centre
	A1				A2		
Upper	10.0	11.4	2.0	Upper	3.9	7.7	6.9
Middle	9.9	11.5	5.5	Middle	3.1	6.7	5.0
Lower	7.2	16.3	5.9	Lower	1.1	1.5	3.4
	Average	Standard Deviation	Variation Coefficient		Average	Standard Deviation	Variation Coefficient
	8.9	4.2	47.4		4.4	2.4	54.3
	B1				B2		
Upper	17.3	41.5	20.2	Upper	16.2	31.7	8.4
Middle	14.7	4.9	14.7	Middle	17.1	9.0	5.7
Lower	14.2	13.6	6.4	Lower	7.6	8.9	11.1
	Average	Standard Deviation	Variation Coefficient		Average	Standard Deviation	Variation Coefficient
	16.4	10.6	64.6		12.9	8.0	62.5
	C1				C2		
Upper	23.0	15.8	17.1	Upper	42.0	20.8	1.6
Middle	16.6	10.0	16.6	Middle	19.3	30.6	2.1
Lower	17.0	14.2	16.8	Lower	7.7	16.6	6.4
	Average	Standard Deviation	Variation Coefficient		Average	Standard Deviation	Variation Coefficient
	16.3	3.4	20.6		16.3	13.6	83.3

According to these results, the highest droplet density was obtained in trials C1 and C2, where the highest spray rate per hectare. In regards to the coefficients of variation, the highest value was obtained with 83.3% in trial C2 and the lowest value with 20.6% in trial C1. Considering the coefficients of variation in other trials, the only

value that can achieve uniformity is the spray application made at a spray rate of 3 L da⁻¹ and from a height of 1.5 meters.

Considering the 3D graphics in *Figure 5* and the droplet density results in *Table 4*, it is seen that the droplet density increases towards the upper and outer leaves of the trees. In drone flight parameters, the altitude value is loaded to the controller and drone based on the height from the ground. To spray at a distance of 1.5 meters from the upper leaves of the tree, the height of the hazelnut trees was considered as 4 meters and the drone altitude was set as 5.5 m. At different tree heights, the drone was able to maintain the distance determined with the help of radar and distance sensors. However, the decrease in droplet deposition on the lower and central leaves is because of the low penetration ability of the droplets produced by the drone. In addition, tree height and leaf density also disable the droplets to reach the inner and central leaves. When the flight distance is upgraded to 2 meters from the upper leaf, droplet densities in A2, B2, and C2 trials are lower than in A1, B1, and C1 trials, which is another result of the low penetration ability.

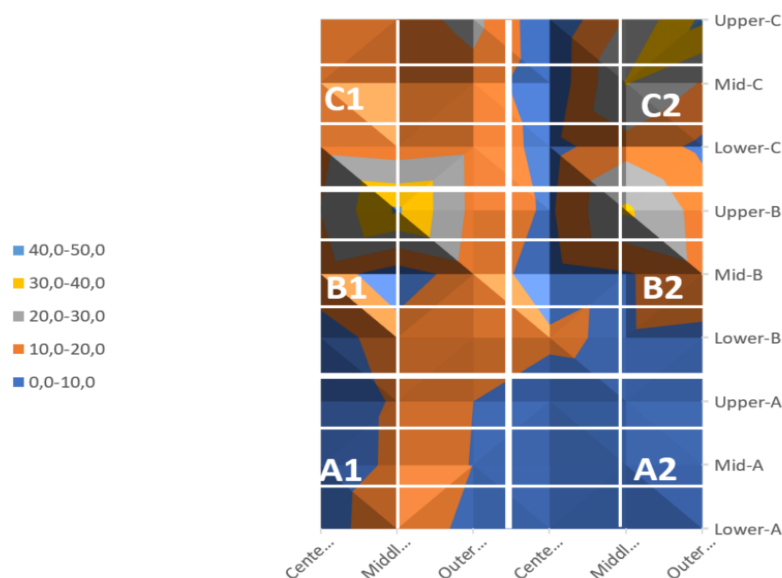


Figure 5. Number of droplets per cm² accumulated in different parts of hazelnut trees in the experiments

In the A, B, and C trials, it was observed that when the spray rate increased, the droplet densities also increased. While droplet densities reached the lowest values as 1.1-6.9 droplets cm⁻² in trial A2, they reached the highest value as 10-23 droplets.cm⁻² in trial C1. Although densities in the range of 16-42 droplets cm⁻² were observed in the middle-outer parts in the C2 trial, low depositions were obtained in the inner and central parts. These obtained values raise doubts about the biological efficacy that may occur in the application of pesticides by drone. In *Table 5*, the minimum droplet densities required for biological efficacy in different pesticides according to Syngenta Crop Protection AG are shown.

Table 5. Minimum droplet densities required for biological activity in different pesticides (Syngenta Crop Protection AG)

Pesticide Application	Minimum Number of Droplets.cm ⁻¹
Insecticides	20-30
Pre-Emergence Herbicides	20-30
Contact Herbicides	30-40
Fungicides	50-70

Considering the values in the table and the results of the drone spraying experiments in hazelnut trees, the droplet densities required for the effective application could not be provided in A and B trials conducted with 10 L ha⁻¹ and 20 L ha⁻¹ spray norms. The minimum droplet densities required for insecticides, which are the pesticides used most extensively on hazelnut trees at both heights, at 30 L ha⁻¹ spray rate, are within the limit values. Although the results obtained from trial C1 performed at the height of 1.5 meters show the most uniform distribution, new

studies are needed to determine whether insecticides are effective in these parameters. Tough better droplet densities were observed in the outer and middle regions in trial C2, low densities observed in the leaves in the centre and inner parts raise questions about the efficacy of the insecticides.

4. Conclusions

In line with these findings, the following conclusions can be obtained;




- Low-volume spraying applications are not sufficient to deliver the spray droplets to the inner leaves in hazelnut trees. Spraying trials with higher spray rates need to be performed (4-5-6 L ha⁻¹)
- The deposition of the droplets on the inner leaves decreases when the altitude of the drone increases. Uniform droplet distributions were observed at a flight altitude of 1.5 meters.
- To sustain better penetration ability of the droplets, spray applications can be made with larger droplets and at lower flight speeds.

References

- Anıl, Ş., Kurt, H., Akar, A., Bulam Köse, Ç. (2018), Hazelnut Culture in Turkey. In XXX. *International Horticultural Congress* (pp. 12-16).
- Anonymous (2020a). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.fao.org/site>, (Accessed date: 03.02.2022)
- Anonymous (2020b). Turkish Statistical Institute (TURKSTAT), <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=2> (accessed date: 03.02.2022)
- Anonymous (2022a). Syngenta Crop Protection AG, <https://www.syngenta.com.au/awri> (accessed date:03.02.2022)
- Anonymous (2022b). Pesticide Environmental Stewardship (PES), <https://pesticidestewardship.org/pesticide-drift/understanding-droplet-size/>, (Accessed date: 03.02.2022)
- Ateş, S., Kaçar, G. (2021). Sakarya ili fındık bahçelerinde fındık yeşil kokarcası (*Palomena prasina* L.) ve fındık kurdu (*Curculio nucum* L.)'nun popülasyon gelişimleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(2): 362-371.
- Chojnacki, J., Pachuta, A. (2021). Impact of the parameters of spraying with a small unmanned aerial vehicle on the distribution of liquid on young cherry trees. *Agriculture*, 11(11): 1094.
- Çelen, İ.H. (2016). Hava emişi yelpaze hüzmeli püskürme memelerinde püskürtme dağılımının ilerleme hızına bağlı olarak değişimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 99-106.
- Çelen, I. H., Önler E., Özyurt H.B. (2020). Drone technology in precision agriculture. *Engineering Sciences*, 121.
- Irfan, M., Ahmad, F., Kahliq, A., Awais, M., Hamid, S. (2021). Uav Sprayers Use For Mango Orchards Spraying To Control The Environmental Pollution. In *Book of Abstracts* (p. 295).
- Kılıç, B. (2014). *Giresun İli Merkez, Bulancak, Espiye, Görele, Keşap ve Tirebolu ilçelerinde fındık üreticilerinin bitki koruma yönünden karşılaştıkları sorunlar ile tarımsal ilaç kullanım durumunu etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Li, X., Giles, D.K., Niederholzer, F.J., Andaloro, J.T., Lang, E.B., Watson, L.J. (2021). Evaluation of an unmanned aerial vehicle as a new method of pesticide application for almond crop protection. *Pest Management Science*, 77(1): 527–537.
- Öztürk, D., İslam, A. (2019). Türkiye’de eski ve yeni üretim bölgelerinde fındık yetiştiriciliği yapan işletmelerin tarımsal üretim açısından karşılaştırmalı analizi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel Sayı): 99-106.
- Sarı, H. (2022). İnsansız hava aracı (Drone) ile erozyon alanlarının tespiti: Trakya Yarımadası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 70-79.
- Uzundumlu, A.S., Kılıç, B., Tozlu, G. (2017). Fındık üretiminde kimyasal ilaç kullanımını etkileyen faktörlerin analizi: Giresun İli Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 1-9.
- Wang, C., Wang, S., He, X., Liu, Y., Zeng, A., Song, J. (2019) Drones for PPP Distribution Evaluation Of Spray Deposits İn Orchards. In *15th Workshop on Spray Application and Precision Technology in Fruit Growing Programme and Abstracts* (p. 61).
- Zhu, H., Salyani, M., Fox, R.D. (2011). A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1): 38-43.

Domates Bakteriyel Benek Hastalığının Biyolojik Mücadelesinde Farklı *Bacillus* Türlerinin KullanımıUse of Different *Bacillus* Species in the Biological Control of Tomato Bacterial Speck DiseaseÖzgür GÜLDOĞAN¹, Benian Pınar AKTEPE², Yeşim AYSAN^{3*}**Öz**

Pseudomonas syringae pv. *tomato*' nun neden olduğu Bakteriyel Benek Hastalığı domateste verim kayıplarına neden olan önemli bir bakteriyel hastalıktır. Bu hastalık son yıllarda domates yetiştirilen tarla ve seralarda hatta ticari fideliklerde sorun oluşturmaktadır. Hastalığın mücadelesinde tohum uygulamaları önemli bir hastalık mücadele stratejisidir ve antagonist mikroorganizmaları kullanarak biyolojik tohum uygulamaları etkili ve çevre dostu bir mücadele şeklidir. Bu çalışmada, domates alanlarından izole edilen antagonist bakteriyel mikroorganizmalarla hastalığın biyolojik mücadele olanakları araştırılmıştır. Antagonistleri izole etmek için Mersin ili Erdemli ve Toroslar ilçesinde domates bitkisinin yetiştiği alanlardan toplam 36 adet toprak ve kök örnekleri toplanmıştır. Bu örneklerden bakteriyolojik tekniklere göre yapılan izolasyonlarda toplam 323 adet aday antagonist bakteri izolatu elde edilmiştir. Bu izolatların antimikrobiyal etkileri *in vitro* petri denemeleriyle incelenmiş ve 12 izolat 2.3-11.0 mm arasında inhibisyon zonu oluşturarak patojenin gelişimini baskı altına almıştır. *In vitro* çalışmalarda başarılı bulunan 12 adet antagonistik bakteri izolatu patojenle suni olarak bulaştırılmış tohuma uygulandığında hastalığın %33-95 oranında azaldığı ve hastalık şiddetinin %28-95 arasında baskılandığı saptanmıştır. Uygulamalar tohum çimlenmesinde olumsuz bir etki yaratmamıştır. En başarılı bulunan dört antagonist bakteri izolatlarıyla yapılan ikinci biyolojik tohum uygulaması denemesinde, hastalık %81-100 oranında baskılanmıştır. Böylece başarılı antagonistlerin etkisi ikinci kere kanıtlanmıştır. Bu başarılı izolatların tanı çalışmalarında MALDI-TOF MS tekniğinden faydalanılmıştır ve yapılan tanı testlerine göre antagonistlerin *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* ve *Paenobacillus polymyxa* olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmayla, antagonist özellikteki *Bacillus* türlerinin domateste Bakteriyel Benek Hastalığının mücadelesinde biyolojik tohum uygulaması olarak başarıyla kullanılabilceği gösterilmiştir. Gelecekte antagonistik *Bacillus* izolatların yeşil aksamdaki bu hastalığı engelleme oranı, etki mekanizmaları ve diğer antagonistlere, bitki patojenlerine olan etkileri araştırılmalıdır. Pratikte kullanımı için kitle üretimleri, ruhsat ve patent alma gibi detaylı çalışmalara da ihtiyaç vardır. Antagonistlerle ek denemeler yapıldıktan sonra bu hastalığın entegre yönetiminin bir parçası olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antagonist, Bakteriyel benek, Biyolojik mücadele, Domates, Tohum uygulamaları¹ Özgür Güldoğan, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye. ozgurguldogan@gmail.com  OrcID: 0000003-1696-3621² Benian Pınar Aktepe, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye. benianaktepe@gmail.com  OrcID: 0000-0002-4731-9954^{3*} Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yeşim Aysan, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, aysanys@gmail.com  OrcID: 00000003-2647-5111**Atıf/Citation:** Güldoğan, Ö., Aktepe, B.P., Aysan, Y. Domates bakteriyel benek hastalığının biyolojik mücadelesinde bakteriyel antagonistlerin kullanımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 829-839.©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Bacterial Speck Disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* is an important tomato bacterial disease that causes yield losses. In recent years, the disease has been a problem in tomato growing areas such as greenhouses and open fields and also commercial nurseries. Seed treatment is an important disease management strategy in the control of the disease, and seed treatments using by antagonistic microorganisms are an effective and environmentally friendly disease control method. In the research, biological control possibilities of the disease were investigated with antagonistic bacterial microorganisms isolated from tomato fields. In order to isolate the antagonists, a total of 36 soil and root samples were collected from the tomato plant growing areas in Erdemli and Toroslar districts of Mersin province. A total of 323 candidate antagonist bacterial strains were isolated from these samples in their isolations according to bacteriological techniques. The antimicrobial effects of these strains were investigated by *in vitro* petri dishes, and 12 antagonistic strains formed an inhibition zone between 2.3-11.0 mm and suppressed the growth of the pathogen. The strains reduced the disease incidence by 33-95% ratios and disease severity by 28-95% ratios when the twelve strains, which were successful in *in vitro* tests, were applied to tomato seeds as biological seed treatments. Applications did not have a negative effect on seed germination. In the second biological seed treatment experiment with the four most successful antagonistic bacterial strains, the disease was suppressed by 81-100% ratios. Thus, the effect of successful antagonists has been proven for the second time. The MALDI-TOF MS technique was used in the identification of the successful antagonistic strains, it was determined that the antagonists were identified as *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* and *Paenobacillus polymyxa*. It has been shown in the study that *Bacillus* species with antagonist properties can be used successfully as biological seed treatments in the control of Bacterial Speck Disease on tomatoes. It should be investigated in the further research that the effect of the antagonistic *Bacillus* strains on the inhibition of the disease on foliage parts of tomato, their mechanism of action and the effects on other antagonists, plant pathogens. There is also a need for detailed studies such as mass production, obtaining licenses and patents for its practical use. It was concluded that the antagonistic strains can be used in part of the integrated disease management programs after the additional experiments are performed.

Keywords: Antagonist, Bacterial speck, Biological control, Tomato, Seed treatment.

1. Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum L.*) *Solanaceae* familyasında bulunan ve anavatanı Güney ile Orta Amerika olan önemli bir bitkidir. Günümüzde sofralık, kurutmalık veya sanayilik olarak yüzlerce farklı özellik ve tipte domates çeşidi dünya çapında yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir. Ülkemizde ise tüm yıl boyunca hem örtü altında hem de açık alanda sofralık ve sanayilik domates üretimi yapılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde örtü altında sebze yetiştiriciliği 1950'li yıllarda başlamış olup, 1990'dan sonra hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Örtü altı sebze yetiştiriciliğindeki bitki türleri karşılaştırıldığında en büyük payı domates almaktadır. Ülkemizin tüm tarımsal alanlarında açıkta yetiştiriciliği yapılmasına rağmen örtü altı yetiştiriciliği daha çok Ege ve Akdeniz kıyı şeritlerinde yapılmaktadır (Anonim, 2021).

Birçok kültür bitkisinde olduğu gibi domates yetiştiriciliğinde de hastalık ve zararlılar mevcuttur. Domates bitkisinde hastalığa neden olan pek çok bakteriyel, fungal ve viral etmen sorun oluşturmaktadır. *Pseudomonas syringae* pv *tomato* (Okabe) Young, Dye ve Wilkie'nun neden olduğu Bakteriyel Benek Hastalığı da domates bitkisinde görülen bakteriyel hastalıklarından biridir. Bitkisel üretim faaliyetleri açısından önemli bir paya sahip olan Bakteriyel Benek Hastalığı domatesin pazar değerini düşüren ve verimi azaltan bir hastalıktır (Mc Carter ve ark., 1983; Devash ve ark., 1980; Miller ve Jones, 2014). *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* domates yapraklarında ve gövdede kara lekeye yani nekroza neden olan Gram negatif bir bakteridir (Jones ve ark., 1991). Etmen, bitkinin tüm toprak üstü organlarında belirti oluşturabilir. Başlangıçta fidelerin kotiledon yapraklarında görülen hastalık, gerçek yapraklara ve sap kısmına sıçrar ardından ilerleyen zamanda tüm fidelerin kurumasına yol açabilir. Özellikle örtü altında yapılan domates yetiştiriciliğinde, gövde ve yan dallardaki lekeler kahverengi-siyah renkte uzunca ve yüzeyseldir. Turfanda domates yetiştiriciliğinde en önemli zararını çiçeklerde oluşturur ve hasta çiçeklerin ölümüyle meyve tutumunu engelleyeceğinden büyük ürün kayıpları oluşur (Miller ve Jones, 2014; Aysan ve ark., 2019). Hastalık tohum kaynaklı olarak ya da daha önceki ürünlerden tarlada kalan hastalıklı bitki artıklarından bulaşma ile sağlıklı fidelerin enfeksiyonu başlar. Domates tohumlarında uzun süre yaşamını sürdüren bu patojen tohumun çimlenmesi esnasında popülasyonunu artırır ve tohum kabuğundan gerçek yapraklara bulaşarak hastalığın yayılmasına neden olur (Aysan ve ark., 2005). Bulaşma sonucunda hastalık etmeni bulaşık fideler aracılığıyla tarlaya aktarılır, böylece etmen uygun koşullar olduğunda epidemilere yol açar. Toprak üstü aksamdaki enfekteli bulaşık bitki artıklarından sağlıklı bitkiye giriş yarılarından olur (Aysan ve Saygılı, 2008; Miller ve Jones, 2014). Bakteriyel etmenler tarafından enfekte edilen bitkilerdeki ekonomik kayıpların önüne geçmek veya baskı altında tutmak bazen oldukça zordur. Çevresel koşullar hastalık gelişimini desteklediğinde standart tedaviler her zaman etkili değildir (Jardine ve Stephens, 1987). Bu nedenlerle bakteriyel hastalık mücadelesinde en başarılı yol kültürel önlemler, tohum uygulamaları (Horuz ve Aysan, 2018; Umarusman ve ark., 2019), kimyasal (Jardine ve Stephens, 1987; Saad ve Hassan, 2000) ve biyolojik mücadeleyi kapsayan entegre mücadele yöntemlerinin kullanılmasıdır (Jones ve ark., 2007). Entegre mücadele uygulamalarında farklı mücadele teknikleri bir arada kullanılarak geleneksel pestisitlerin kullanımını azaltılır böylece tarımın yapıldığı ekolojik çevreye daha az zarar verilir, ekonomik kazanç sağlanır ve tarımın sürdürülebilir olmasına katkı sağlanır. Biyolojik mücadele günümüzde ekolojik dengenin korunabilmesi açısından stratejik önem arz eden bir konuma gelmiştir. Bu nedenle çalışmamızda domatesin tamamen kendi habitatından, ticari olarak domates yetiştiriciliği yapılan tarla, sera ve ev bahçelerinde yetiştirilen domates bitkilerinin kök ve kök bölgesi toprağından antagonist bakteriler izole edilmiş ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun neden olduğu Bakteriyel Benek Hastalığının biyolojik mücadelesinde kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Patojen bakteri izolatının geliştirilmesi ve virülensliğinin artırılması

Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan ve Prof. Dr. Yeşim Aysan tarafından *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* olarak tanımlanan YA-845 kodlu izolat bu çalışmada patojen olarak kullanılmıştır. Uzun süre derin dondurucuda saklanan patojen bakterinin virülensliği azalabileceğinden bu izolatın virülensliğinde artış sağlamak amacıyla domateste patojenite testi yapılmıştır (Lelliott ve Stead, 1987). YA-845 kodlu izolatın 48 saatlik kültüründen hazırlanan 10^6 hücre/ml yoğunluğundaki süspansiyon, domates fidelerine el pülverizatörü ile yaprak altından püskürtülerek bulaştırılmıştır. İklim odasında (22°C'de, %75 nem, 8/16 saat aydınlık/karanlık) muhafaza edilen domates bitkilerinin yapraklarında benek belirtileri gözlemlendikten sonra bakteriyolojik tekniklere göre tek bir lekeden patojen bakteri izolasyonu yapılmıştır (Lelliott ve Stead, 1987). Koch postulatı aşamaları tamamlandıktan sonra virülensliği artırılmış YA-845 kodlu izolatın gram reaksiyonu, KB besi yerinde floresan pigment üretimi ve LOPAT karakterleri (Lelliott ve Stead, 1987) belirlendikten sonra ileriki çalışmalarda kullanılmak üzere eğik olarak hazırlanmış YDC agar besi yerinde +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.2. Aday antagonist bakterilerin izolasyonu

Mersin ili, Erdemli ve Toroslar ilçelerinde 18 üretim alanından, 36 adet kök ve kök bölgesi toprağından aday antagonist izolasyonu yapılmıştır. Domates bitkisinin kök bölgesindeki toprak partikülleri temizlenip kılcal köklerden parçalar alınmıştır. Her bir üretim alanından elde edilen kılcal kökler birleştirilmiş ve paçal yapılarak 10 gr kökten izolasyonlar yapılmıştır. Kök bölgesi toprağı ise gazete kâğıdı üzerine serilerek oda sıcaklığında kurutulmuş ve ardından 0.2 mm deliklere sahip elekten geçirilmiştir. Bir üretim alanından elde edilen toprak örnekleri birleştirilerek tek bir örnek haline getirilmiş ve 10 gr topraktan bakteri izolasyonu yapılmıştır. İzolasyona hazır hale gelen 10'ar gr'lık toprak ve kök örnekleri 90 ml Saline Buffer (%085 NaCl çözeltisi) içerisinde oda sıcaklığında 200 dev/dak'da çalışan çalkalayıcıda en az 3 saat çalkalanmıştır. Çalkalanan örneklerden 1ml alınarak 9ml salin buffer içeren tüplere seyreltme serileri hazırlanmıştır. Her bir seyretmeden 100µl alınarak 3 tekrarlı olacak şekilde TSA besi yerine ekim yapılmıştır. Petrilerin 25°C'de 48 saat inkübasyonundan sonra gelişen koloniler incelenerek şekil ve renk olarak farklı morfolojik gelişim gösteren kolonilerden TSA besi yerine saflaştırmalar yapılmıştır (Martinez-Cano ve ark., 2022).

2.3. Aday antagonistlerin *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya antibakteriyel etkisinin belirlenmesi

Domates köklerinden ve domates yetiştirilen topraktan izole edilen 323 adet aday antagonist bakteri ve Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan *Xanthomonas* türlerine antagonist özelliği saptanmış olan 14 adet bakteri izolatının *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya antibakteriyel etkisi *in vitro* petri denemeleriyle incelenmiştir. Aday antagonistler TSA besi yerine üç nokta inokulasyonu ile ekilip (Mitchell, 1992; Horuz ve Aysan, 2018) 25°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Benzer şekilde, besi yerinde 48 saatlik taze geliştirilen *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* izolatının spektrofotometrede 10⁶ hücre/ml yoğunluğundaki süspansiyonu hazırlanmıştır. Besi yerinde üç nokta inokulasyonu ile geliştirilen aday antagonistlere 15-20 cm uzaklıktan el pülverizatörüyle patojen bakteri süspansiyonu püskürtülmüştür. Her aday antagonist izolatu patojen bakteriye karşı üç tekrarlı olarak test edilmiştir. Kontrol olarak üç adet TSA besi yerine herhangi bir aday antagonist bakteri aşılması yapılmadan sadece patojen bakteri püskürtmesi yapılmıştır. İnkübatörde 25°C'de 48 saat inkübe edilen petrilerde oluşan inhibisyon zonları mm olarak ölçülerek kaydedilmiştir. İnhibisyon zonu oluşturan aday antagonist bakteriler *in vivo* tohum denemeleri için seçilmiştir.

2.4. Bakteriyel antagonistlerin tohum kökenli bakteriyel benek hastalığına etkisi

In vitro petri denemelerine göre antibakteriyel etkisi saptanmış 12 adet bakteriyel antagonist suni olarak *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ile bulaştırılmış domates tohumlarındaki hastalığı baskılama oranı tohum denemeleriyle araştırılmıştır. Denemeye alınan 12 adet antagonist içerisinde en başarılı bulunan ve farklı yerlerden izole edilen dört antagonistle tohum sayıları artırılarak ikinci bir deneme daha kurulmuştur. YA-845 kodlu *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* izolatı TSA besi yerinde 25°C'de 48 saat geliştirildikten sonra yaklaşık 2.9x10⁶ hücre/ml (dansiyometre 1.27 değerinde) yoğunluğunda bir süspansiyon hazırlanmıştır (Aktepe, 2021). Herhangi bir kimyasalla ilaçlanmamış domates tohumları hazırlanan bu patojen bakteri süspansiyonuna 30 dakika süreyle daldırılarak bulaştırılmıştır (Horuz ve ark., 2018; Karabüyük ve Aysan, 2019). Tohumlar patojen bakteriyle bulaştırıldıktan sonra tülbenkten geçirilerek süzölmüş ve 20x20 ebatlarında tahta çerçeveler üzerine yayılarak bulaştırma işlemi tamamlanmıştır. Negatif kontrol uygulaması olarak ilk denemede 105, ikinci denemede 150 adet domates tohumu sadece steril suya daldırılmış ve ekimi yapılmıştır. *In vitro* denemelerde antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenen 12 adet antagonistin 48 saatlik taze kültüründen dansiyometreyle (2.0 değerinde) süspansiyonları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Yaklaşık bir saat önce patojenle bulaştırılmış domates tohumları hazırlanan antagonist süspansiyonuna 30 dakika süre ile daldırılarak muamele edilmiştir. Bu süre sonunda süzgeçle süzölen antagonistlerle uygulama görmüş bulaşık tohumlar steril torfla dolu plastik küvetlere ekilmiştir. İlk denemede, her bir antagonist uygulaması için 3 tekrar ve her tekrarda 35 tohum olacak şekilde deneme kurulmuştur. Her bir antagonist için toplamda 105 adet tohum kullanılmıştır. İkinci denemede yine 3 tekrar, her tekrarda 50 tohum olmak üzere her uygulama için 150 tohum kullanılarak deneme kurulmuştur. Uygulama görmüş tohumların ekildiği küvetler %75 nem ve 25±°C'de muhafaza edilmiştir. Yaklaşık olarak 14 gün sonra çimlenen tohumlardan gelişen fidelerin kotiledon yaprakları günlük olarak incelenerek pozitif kontrole ait uygulamada gözle görülür hastalık belirtileri oluştuğunda değerlendirme yapılmıştır. Tohumlar çimlendikten sonra pozitif kontrol uygulamasındaki fidelerin kotiledon yapraklardaki lekeler ortaya çıktığında bitkiler hasta olarak kabul edilmiştir.

Her bir antagonist bakteri uygulamasında hasta bitki sayıları çimlenen bitki sayılarına bölünerek her tekerrürün hastalık %'si hesaplanmıştır. Antagonist bakterinin hastalığı baskılama etkisi Abbott formülü ($\% \text{ etki} = (\text{kontrol-uygulama}) / \text{kontrol} \times 100$) kullanılarak yapılmıştır (Karman, 1971). Bu hesaplama sonucunda antagonistin fide üzerindeki hastalık çıkışına etkisi % olarak hesaplanmıştır. Antagonist bakterinin fidelerde oluşturduğu hastalık şiddetini değerlendirirken Aysan (1999) tarafından geliştirilen 0-3 skalası (0: kotiledonlarda leke yok, 1: kotiledonlarda 1 leke var, 2: kotiledonlarda 2 veya 3 leke var, 3: kotiledonlarda 4 ve daha fazla leke var) kullanılmıştır. Değerlendirmelerden sonra her uygulamanın bir tekerrüründeki hasta bitkilerden patojen bakteri izolasyonu yapılarak tütünde aşırı duyarlılık testi (HR) ile hastalık belirtilerinin *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'dan kaynaklandığı ispatlanmıştır. Elde edilen skala değerleri, Townsend-Heuberger formülü kullanılarak yüzde hastalık şiddeti değerlerine dönüştürülmüştür (Karman, 1971). Antagonist bakterilerin hastalık şiddetini azaltma oranı Abbot formülü ile hesaplanmıştır. Yapılan uygulamalar arasındaki istatistikî farklar ANOVA istatistikî programında LSD çoklu karşılaştırma testi ile ($p \leq 0.05$) ortaya konulmuştur.

2.5. Bakteriyel antagonistlerin tohum çimlenmesine etkisi

Tohuma yapılan uygulamalarda ilaçsız domates tohumları plastik küvet içindeki steril torflara ekilerek uygun koşullarda çimlenmeleri sağlanmıştır. 14 gün sonunda kotiledon yapraklar oluşuktan sonra steril torflara ekilen ve çimlenen tohum sayıları not edilmiştir. Antagonist uygulamaları yapılmış tohumların çimlenme %'si hesaplanarak pozitif kontroldeki çimlenme yüzdesi ile karşılaştırılmıştır. Antagonistlerin çimlenmeye % etki Abbott formülüne göre hesaplanmıştır. Anova istatistik programında LSD çoklu karşılaştırma testinde $p \leq 0.05$ önem düzeyinde uygulamalar arasındaki istatistikî farklar hesaplanmıştır.

2.6. Bakteriyel antagonistlerin tanısı

Denemede kullanılan antagonistlerin tanısı Tryptic Soy Agar (TSA) besi yerine çizildikten ve 48 saatlik inkübasyon sonrası MALDI-TOF MS ile yapılmıştır. Günümüzde mikroorganizmaların tanısında yaygın olarak kullanılan MALDI-TOF MS teknolojisi (Soylu ve ark., 2020) ile antagonist bakterilerin tanısı Prof. Dr. Soner SOYLU'nun denetiminde Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılmıştır. MALDI-TOF MS' de mikroorganizmaların protein yapılarının kütle spektrometresindeki izolasyonu ve m/z değerlerine göre bulunan spektraların grafiksel görüntülerinin sistemin kendi veri tabanındaki referans organizmalara uyumuna göre mikroorganizmaların cins ve türleri tanılanmaktadır (Pavlovic ve ark., 2012).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Patojen bakteri izolatının geliştirilmesi ve virülensliğinin artırılması

Patojen bakteri, YA-845 kodlu *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* izolatından hazırlanan 106 hücre/ml yoğunluğundaki süspansiyon domates fidelerinin yaprak altına püskürtüldükten sekiz gün sonra etrafı sarı hale ile çevrili siyah lekeler tipik Bakteriyel Benek Hastalığı belirtileri gözlenmiştir. Bakteriyolojik tekniklere göre tek bir lekeden patojen bakteri izolasyonu yapılmış ve virülensliği artırılmış bu izolatın dört adet saf kültürü elde edilmiştir. Patojen bakterinin gram negatif, floresan tipte koloni oluşturduğu ve LOPAT karakterine (+ - - - +) göre *Pseudomonas syringae* olduğu teyit edilmiştir. Patojenite testiyle de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* olduğu belirlenmiştir.

3.2. Aday antagonist bakterilerin izolasyonu

Mersin ilinden alınan 36 adet toprak ve kök örneğinden bakteriyolojik tekniklere göre yapılan izolasyon işlemi sonunda farklı morfolojik karaktere sahip toplam 323 adet aday antagonist bakteri izolatı saflaştırılmıştır. Bu izolatların 70 adedi Erdemli ilçesinden alınan kök örneklerinden, 88 adedi ise toprak örneklerinden izole edilmiştir. Toroslar ilçesinden alınan kök örneklerinden 75 adet ve toprak örneklerinden 99 adet olmak üzere bu ilçeden 174 adet aday antagonist saf olarak elde edilmiştir. Mersin ilinden izole edilen 323 aday antagonistin 145 adedi domates bitkisinin kök bölgesinden ve 178 adedi domates üretimi yapılan topraktan izole edilerek saflaştırılmıştır.

3.3. Aday antagonistlerin *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya antibakteriyel etkisinin belirlenmesi

Domates köklerinden ve domates yetiştirilen topraktan izole edilen 323 adet aday antagonist ve *Xanthomonas* türlerine antagonist özelliği saptanmış 14 adet bakteri izolatı olmak üzere toplam 337 adet aday antagonist bakteriyle yapılan *in vitro* petri denemelerinde, 12 izolatın *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya antibakteriyel etkisi saptanmıştır. TSA besi yerinde oluşan inhibisyon zonları ortalamasının 2.3 ile 11.0 mm arasında değiştiği

saptanmıştır. *Xanthomonas* türlerine antagonistik dört izolat *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nın da besi yerinde gelişimini baskı altına almıştır. Mersin ili Erdemli ilçesinden beş izolat ve Toroslar ilçesinden iki izolatin antibakteriyel özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. İzole edilen antagonist özellikteki yedi bakteriyel izolatin beşi topraktan ikisi kökten elde edilmiştir.

3.4. Bakteriyel antagonistlerin tohum kökenli bakteriyel benek hastalığına etkisi

Tablo 1'de görüldüğü gibi, domates yetiştirilen topraktan izole edilen OG/6-8 kodlu izolat 11.00 mm, *Xanthomonas* türlerine antagonist özelliği saptanmış AE/2-6 kodlu izolat 10.60 mm ve YL/4-3 kodlu izolat 10.00 mm, domates kökünden izole edilen KG/8-9 kodlu izolat 9.60 mm, yine topraktan izole edilen OG/6-14 kodlu izolat 9.30 mm inhibisyon zonu oluşturarak besi yerinde patojenin gelişimini engellemiştir. OG/7-1, Suruç/4-3, OG/7-13 ve YL/5-3 kodlu izolatlara sırasıyla ortalama 7.60, 7.60, 7.30 ve 6.00 mm inhibisyon zonu oluştururken TOH/4, OG/6-7 ve KG/6-6 kodlu izolatlara 3.60, 2.30 ve 2.30 mm inhibisyon zonu oluşturmuştur.

Tablo 1. Patojen bakteriye karşı antagonistik etki gösteren izolatlara

Table 1. Isolates with antagonistic effects against pathogenic bacteria

İzolat Kodu	Yer	Toprak/Kök	Domates Çeşidi	İnhibisyon Zonu Ort (mm)
OG/6-8	Erdemli	Toprak	Miras F1	11.00
AE/2-6	Ç.Ü. Bitki Kor. Böl. Bakteriyoloji Lab. kültür koleksiyonu izolatu			10.60
YL/4-3	Ç.Ü. Bitki Kor. Böl. Bakteriyoloji Lab. kültür koleksiyonu izolatu			10.00
KG/8-9	Toroslar	Kök	Lapçin	9.60
OG/6-14	Erdemli	Toprak	Miras F1	9.30
OG/7-1	Erdemli	Toprak	Android F1	7.60
Suruç/4-3	Ç.Ü. Bitki Kor. Böl. Bakteriyoloji Lab. kültür koleksiyonu izolatu			7.60
OG/7-13	Erdemli	Toprak	Android F1	7.30
YL/5-3	Ç.Ü. Bitki Kor. Böl. Bakteriyoloji Lab. kültür koleksiyonu izolatu			6.00
TOH/4	Ç.Ü. Bitki Kor. Böl. Bakteriyoloji Lab. kültür koleksiyonu izolatu			3.60
OG/6-7	Erdemli	Toprak	Miras F1	2.30
KG/6-6	Toroslar	Kök	Lapçin	2.30

Tablo 2'de görüldüğü gibi, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ile bulaşık domates tohumlarına 12 bakteriyel antagonistin uygulandığı birinci denemede Bakteriyel Benek Hastalığı %27.65-94.72 oranında baskılanmıştır. Sadece patojen bakteriyle bulaştırılmış domates tohumları çimlendiğinde gelişen fidelerin %26.07'sinin kotiledon yapraklarında lekelerin olduğu ve pozitif kontrolde yer alan lekeli fidelerdeki hastalık şiddetinin ortalama %15.55 olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 2. Antagonistlerin domateste bakteriyel benek hastalığına etkisi (birinci deneme)

Table 2. Effect of antagonists on bacterial pith disease in tomatoes (first trial)

İzolat Kodu	Hastalık Oranı (%)	% Etki	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
OG/6-7	1.23 ^{d*}	95.30	0.82 ^c	94.72
OG/6-14	4.61 ^{cd}	84.73	4.61 ^{bc}	70.32
Suruç/4-3	4.51 ^{cd}	82.70	2.63 ^c	83.08
OG/7-13	6.23 ^{cd}	76.10	3.66 ^c	76.46
YL/5-3	6.66 ^{cd}	74.45	3.70 ^c	76.20
KG/8-9	6.91 ^{cd}	73.49	2.62 ^c	83.15
TOH/4	7.50 ^{bcd}	71.23	4.17 ^c	73.18
KG/6-6	8.18 ^{bcd}	68.62	5.08 ^{bc}	67.33
OG/7-1	8.45 ^{bcd}	67.59	6.52 ^{bc}	58.07
YL/4-3	10.27 ^{bc}	60.60	3.40 ^c	78.13
OG/6-8	11.07 ^{bc}	57.53	5.17 ^{bc}	66.75
AE/2-6	17.38 ^{ab}	33.33	11.25 ^{ab}	27.65
Pozitif Kontrol	26.07 ^a	-	15.55 ^a	-

*Farklı harfi içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

İstatistiksel olarak incelendiğinde AE/2-6 kodlu izolat hariç tüm uygulamalar tohum kökenli bakteriyel hastalığı engellemede başarılı bulunmuştur. OG/6-7 kodlu izolat hastalığı %95.30 düzeyinde baskılayarak en başarılı uygulama olarak belirlenmiş ve tek bir istatistiki grupta yer almıştır. İkinci istatistiki grubu OG/6-14, Suruç/4-3, OG/7-13, YL/5-3 ve KG/8-9 kodlu izolatlardan oluşmuştur. Bu beş izolat hastalığı %73.49-84.73 oranında baskılayıp hastalık şiddetini %76.20-83.15 oranında azaltmıştır. TOH/4, KG/6-6 ve OG/7-1 kodlu izolatlarda da diğer bir etkili grubu oluşturmuş ve hastalık çıkışını %67.59-71.23, hastalık şiddetini %58.07-73.18 oranında azaltmışlardır. YL/4-3 ve OG/6-8 kodlu izolatlarda Bakteriyel Benek Hastalığını %57.53-60.60 ve hastalık şiddetini de % 66.75-78.13 düzeyinde engellemiştir. İstatistiksel olarak en başarılı bulunan ilk iki grupta yer alan altı izolat dört farklı üretim alanında izole edilmiştir ve her birinden seçilen dört antagonistle yapılan ikinci tohum denemesinde bu izolatlardan başarılı bir kez daha teyit edilmiştir. *Tablo 3*'te görüldüğü gibi KG/8-9, Suruç/4-3, YL/5-3 ve OG/6-7 kodlu izolatlardan yapılan ikinci denemede pozitif kontrol uygulamasında yer alan fidelerin % 24.90'ında hastalık görülürken antagonist bakteri uygulaması yapılmış tohumlardan gelişen fidelerin %4.24-4.68'i hasta olarak belirlenmiştir. Antagonistlerle yapılan tohum uygulamaları hastalığı %81.16-100.00 oranında baskılamıştır. Benzer şekilde hastalık şiddeti de %53.32-100.00 oranında azalmıştır.

Tablo 3. Antagonistlerin domateste bakteriyel benek hastalığına etkisi (ikinci deneme)

Table 3. Effect of antagonists on bacterial pith disease in tomatoes (second trial)

İzolat Kodu	Hastalık Oranı (%)	% Etki	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
KG/8-9	0.00 ^{c*}	100.00	0.00 ^b	100.00
Suruç/4-3	4.24 ^{bc}	82.97	1.63 ^b	90.96
YL/4-3	4.61 ^b	81.44	2.80 ^b	53.32
OG/6-7	4.68 ^b	81.16	2.51 ^b	86.08
Pozitif Kontrol	24.90 ^a	-	18.04 ^a	

*Farklı harfi içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Detaylı araştırmalar için seçilen dört antagonist ile yapılan *in vitro* ve *in vivo* deneme sonuçları *Tablo 4*'te toplu olarak görülmektedir. Mersin ili Toroslar ilçesinde ev bahçesinde yetiştirilen domates toprağından elde edilen KG/8-9 kodlu izolat *in vitro* denemelerde 9.60 mm'lik inhibisyon zonu oluşturmuş, tohum kökenli inokulumdan kaynaklı hastalık oluşumunu ilk denemede %73.49 ikinci denemede tamamen (%100) baskılamıştır. Mersin ili Erdemli ilçesinde serada yetiştirilen domates toprağından elde edilen OG/6-7 kodlu izolat ise 2.30 mm ile en küçük inhibisyon zonuna sahip olmasına rağmen hastalığı %95.30 ve %81.16 oranında baskılamıştır.

Tablo 4. Seçilen antagonistlerin domateste bakteriyel benek hastalığına etkisi (In vitro ve In vivo test)

Table 4. The effect of selected antagonists on bacterial spot disease in tomatoes (In vitro and In vivo Test)

İzolat Kodu	İnhibisyon Zonu (mm)	Birinci Deneme		İkinci Deneme	
		Hastalık Oranında Azalış (%)	Hastalık Şiddetinde Azalış (%)	Hastalık Oranında Azalış (%)	Hastalık Şiddetinde Azalış (%)
OG/6-7	2.30	95.30	94.72	81.16	86.08
Suruç/4-3	7.60	82.70	83.08	82.97	90.96
YL/4-3	6.00	74.45	76.20	81.44	53.32
KG/8-9	9.60	73.49	83.15	100.00	100.00

3.5. Bakteriyel antagonistlerin tohum çimlenmesine etkisi

Tablo 5'te görüldüğü gibi herhangi bir uygulama yapılmamış pozitif kontrolde bulunan domates tohumlarının %98.24'si çimlenmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde, pozitif kontrol, OG/7-1, OG/6-8, KG/8-9, AE/2-6 ve TOH/4 uygulamaları pozitif kontrol ile aynı grupta yer almış ve çimlenmeye olumsuz bir etki yapmadıkları belirlenmiştir. Bu uygulamalarda çimlenme oranı %82.45 ile %98.24 arasında olmuştur. Diğer uygulamalarda (OG/6-14, OG/7-13, OG/6-7, YL/5-3, KG/6-6, Suruç/4-3 ve YL/4-3) çimlenmedeki azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 5. Biyolojik tohum uygulamalarının çimlenmeye etkisi (birinci deneme)

Table 5. Effect of biological seed treatments on germination (first trial)

İzolot Kodu	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenmedeki Azalış (%)
Pozitif Kontrol	98.24 ^{a*}	-
TOH/4	93.86 ^{ab}	4.40
AE/2-6	85.96 ^{abc}	12.50
KG/8-9	84.21 ^{abc}	14.28
OG/6-8	82.45 ^{abcd}	16.07
OG/7-1	82.45 ^{abcd}	16.07
Suruç/4-3	78.07 ^{bcd}	20.53
YL/4-3	78.07 ^{bcd}	20.53
KG/6-6	71.93 ^{cde}	26.87
YL/5-3	66.66 ^{def}	31.58
OG/6-7	56.14 ^{ef}	42.85
OG/7-13	54.38 ^f	44.64
OG/6-14	51.75 ^f	47.32

*Farklı harfii içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Tablo 6’da seçilen antagonistlerle (KG/8-9, OG/6-7, YL/4-3 ve Suruç/4-3) daha fazla tohum sayısı ile yapılan ikinci denemede YL/4-3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatların istatistiksel olarak tohum çimlenmesine herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı saptanırken KG/8-9 ve OG/6-7 kodlu izolatlar çimlenmesi sırasıyla %37.24 ve %26.89 düzeyinde azaltmıştır. Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, YL/4 -3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatların hem Bakteriye Leke (*Xanthomonas euvesicatoria*) hem de Bakteriye Benek Hastalığı (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) engelleneme yeteneğinde olduğu ve tohum çimlenmesine herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı bu çalışmayla ortaya konmuştur. Domates tohumlarındaki *Xanthomonas euvesicatoria* ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* popülasyonunu azaltmak için gelecekte YL/4 -3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatların biyolojik tohum uygulamaları olarak kullanımı başarı getirebilecektir

Tablo 6. Seçilen antagonistlerle yapılan tohum uygulamalarının çimlenmeye etkisi

Table 6. The effect of seed treatments with selected antagonists on germination

İzolot Kodu	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenmedeki Azalış (%)
Pozitif Kontrol	96.66 ^{a*}	-
Suruç/4-3	92.00 ^a	4.82
YL/4-3	85.33 ^a	11.72
OG/6-7	70.66 ^b	26.89
KG/8-9	60.66 ^b	37.24

*Farklı harfii içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Dost mikroorganizmalar olarak adlandırılan, bitki hastalıklarının biyolojik mücadelesinde kullanılan antagonist bakteriler (Aktepe, 2018), bakteriyofajlar (Cemen ve ark., 2018) ve funguslar (Tekiner ve ark., 2019) ile ilgili araştırmalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Gıda güvenliği, çevre ve insan sağlığı ile sürdürülebilir tarım konularına verilen önem arttıkça biyolojik mücadele araştırmaları da dikkat çekmeye başlamıştır. Dost mikroorganizmalar organik veya geleneksel üretim yapılan alanlarda toprak mikrobiyal aktivitesini artırarak toprak yapısı ve özelliklerini iyileştirir ayrıca bitkinin hastalıklara karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Bu durum domateste yapılan pek çok araştırmayla ortaya konmuştur. Solucan gübresi kullanımıyla toprak mikrobiyotası zenginleştirilmiş ve domateste Bakteriye Benek Hastalığına karşı direnç sağlanmıştır (Karnez ve ark., 2021). Diğer bir araştırmada *Bacillus pumilus* ve *Bacillus amyloliquefaciens* adlı antagonist bakteriler tohuma uygulandığında domateste Bakteriye Benek Hastalığına karşı dayanıklılık mekanizması harekete geçirilmiştir (Lanna-Filho ve ark., 2017). Dost mikroorganizmaların kullanıldığı bir diğer alan da bakıra direnç geliştirmiş patojen bakteri popülasyonun yaygın olduğu üretim alanlarıdır. Örneğin Güney Afrika’da bakıra direnç geliştirmiş *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* popülasyonu ile mücadelede entegre hastalık yönetiminde *Bacillus subtilis* izolatları başarıyla kullanılmıştır (McLeod ve ark., 2017). Silva ve ark., (2008) *Acinetobacter johnsonii*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus sphaericus*, *Paenibacillus macerans* ve *Staphylococcus aureus* adlı antagonist bakterileri tohuma uygulayarak tohum kökenli *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* popülasyonunu %44

oranında kontrol altına almışlardır. Ji ve ark., (2005) domateste *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* popülasyonunu baskı altına almak için antagonist bakterilerden *Bacillus pumilus* SE34, *Pseudomonas fluorescens* 89B-61 ve *Pseudomonas syringae* Cit7 kodlu izolatlarını köke, tohuma ve yeşil aksama uygulamışlardır. Hastalığın %12-%83 düzeyinde baskılandığını bildirmişlerdir. Lanna-Filho ve ark., (2017)'nin yaptığı çalışmada *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* mücadelesinde endofitik yaşayan *Bacillus pumilus* ve *Bacillus amyloliquefaciens* antagonist bakterileri kullanıldığında bitkide dayanıklılık mekanizmasının teşvik edildiğini göstermişler ve Bakteriyel Benek Hastalığı %62 oranında baskılandığını saptamışlardır. Bu çalışmada da farklı *Bacillus* türüne ait izolatlar kullanılarak tohum kökenli hastalığı baskılama yetenekleri araştırılmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Hatta *Bacillus subtilis* YL/4 -3 ve *Bacillus subtilis* Suruç/4-3 kodlu izolatların hem Bakteriyel Leke hem de Bakteriyel Benek Hastalığını engelleme yeteneğinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada her ne kadar bu izolatların etki mekanizmaları ortaya konmamış olsa da ümit var sonuçlar olduğu açıktır. Gelecekte bu izolatların yeşil aksamda hastalığı engelleme etkileri ve etki mekanizmaları ile diğer antagonistlere, bitki patojenlerine ve insanlara olan etkileri araştırılmalıdır. Pratikte kullanımı için kitle üretimleri, ruhsat ve patent alma gibi detaylı çalışmalara da ihtiyaç vardır.

3.6. Bakteriyel antagonistlerin tanısı

MALDI TOF MS ile yapılan tanı sonucunda, YL/4 -3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatların indeks değeri 1.976 ve 1.876 olarak belirlenerek *Bacillus subtilis* ile tür düzeyinde tam eşleşme sağlanmıştır. OG/6-7 kodlu izolat 1.974 indeks değeri ile *Bacillus pumilus* olarak KG/8-9 kodlu izolat 1.984 indeks değeri ile *Paenobacillus polymyxa* olarak tanılanmıştır. Bu iki bakteri türünün antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu gösteren farklı çalışmalar bulunmaktadır. Çakar ve Tozlu (2022) yaptıkları çalışmada iki *Bacillus pumilus* (RK-103 ve TV-67C) izolatının patateste verim kayıplarına neden olan toprak kaynaklı kuru çürüklük etmeni *Fusarium oxysporum*'un biyolojik mücadelesinde ümit var olduğu belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada da *Paenobacillus polymyxa*'nın geniş bir konukçu aralığına sahip bitki büyümesini teşvik eden antagonistik kök bakterilerinden (rizobakter) biri olduğu bildirilmiştir (Timmusk ve ark., 2005).

4. Sonuç

Bu çalışmada, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun tohum kaynaklı bulaşıklığını azaltmak için yerel antagonistler kullanılarak yapılan biyolojik tohum uygulamalarının etkinlikleri araştırılmıştır. Domates köklerinden ve domates yetiştirilen topraktan izole edilen 323 adet aday antagonist ve *Xanthomonas* türlerine antagonist özelliği saptanmış 14 adet bakteri izolatı olmak üzere toplam 337 adet aday antagonist bakteriyel yapılan *in vitro* petri denemelerinde, 12 izolatın *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya antibakteriyel etkisi saptanmıştır. Patojenle bulaşık domates tohumlarına 12 bakteriyel antagonistin uygulandığı birinci denemede Bakteriyel Benek Hastalığı %28-95 oranında baskılanmıştır. Detaylı araştırmalar için seçilen dört antagonist (KG/8-9, Suruç/4-3, YL/5-3 ve OG/6-7) ile yapılan ikinci denemede, tohuma uygulanan antagonistler hastalığı %81.16-100.00 oranında baskılamıştır. Çimlendirme denemelerinde ise KG/8-9, Suruç/4-3 ve YL/5-3 kodlu izolatların çimlenmeye herhangi bir olumsuz etki yapmadıkları belirlenmiştir. MALDI TOF MS ile yapılan tanı sonucunda, YL/4 -3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatlar *Bacillus subtilis*, OG/6-7 kodlu izolat *Bacillus pumilus* ve KG/8-9 kodlu izolat *Paenobacillus polymyxa* olarak tanılanmıştır. Domates tohumlarındaki *Xanthomonas euvesicatoria* ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* popülasyonunu azaltmak için gelecekte YL/4 -3 ve Suruç/4-3 kodlu izolatların biyolojik tohum uygulamaları olarak kullanımı başarı getirebileceği sonucuna varılmıştır. Bu antagonistlerin yeşil aksamdaki hastalığı baskılama düzeyi, diğer domates patojenlerine, tohum ve yeşil aksamdaki antagonistlere ve hedef dışı canlılara da etkisi araştırılmalıdır. Ayrıca kitle üretimleri, ruhsat ve patent alma konusunda daha detaylı yapılacak incelemelere de ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan antagonist bakteri izolatların MALDI-TOF MS ile tanısını yapan sayın Prof. Dr. Soner SOYLU'ya teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Anonim, (2021). Örtü Altı Domates Yetiştiriciliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erdemli-Mersin. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/%C3%96rt%C3%BCalt%C4%B1DomatesYeti%C5%9Ftiricili%C4%9FiAAta.pdf> Erişim:26.12.2021
- Aktepe, B.P. (2018) *Erwinia amylovora*'nın biyolojik mücadelesinde epifitik bakteri ve mayaların etkilerinin araştırılması. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aktepe, B.P. (2021) The effect of different plant activators and biological preparete on the biological control of bacterial speck disease in tomato. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(2): 355-364.
- Aysan, Y. (1999). *Domates bakteriyele leke hastalığının tanımı, ırklarının tespiti, domates tohumlarında saptanması ve kimyasal savaşıma alternatif yöntemlerin araştırılması üzerine çalışmalar*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aysan, Y., Mirik, M., Çetinkaya-Yıldız, R., Küsek, M. (2005). *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun yayılmasına tohum kökenli inokulumun rolü. *Türkiye II. Tohumculuk Kongresi* 9-11 Kasım, 353s, Adana, Türkiye.
- Aysan, Y., Saygılı, H. (2008). Bitki Bakteri Hastalıkları. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Aysan, Y., Üstün, N., Mirik, M., Saygılı, H., Şahin, F. (2019). Bitki Bakteri Hastalıkları. Toprak Ofset Matbaacılık, Tekirdağ.
- Cemen, A., Aysan, Y., Horuz, S., Saygılı, H. (2018). Potential of bacteriophages to control bacterial speck of tomato (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27:9366-9373.
- Çakar, G., Tozlu, E. (2022). The biological control of *Fusarium oxysporum*, the causal agent of potato rot. *Gesunde Pflanzen*, 74: 305-315
- Devash, Y., Okon, Y., Henis, Y. (1980). Survival of *Pseudomonas tomato* in soil and seeds. *Phytopathologische Zeitschrift*. 99: 175-185.
- Horuz, S., Aysan, Y. (2018). Biological control of watermelon seedling blight caused by *Acidovorax citrulli* using antagonistic bacteria from the genera *Curtobacterium*, *Microbacterium* and *Pseudomonas*. *Plant Protection Science* 54: 138-146.
- Horuz, S., Ocal, A., Aysan, Y. (2018). Efficacy of hot water and chemical seed treatments on bacterial speck of tomato in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5): 3185-3190.
- Jardine, D.J., Stephens, C.T. (1987). Influence of timing of application and chemical on control of bacterial speck of tomato. *Plant Disease*, 71:405-408.
- Ji, P., Campbell, H.L., Kloepper, J.W., Jones, J.B., Suslow, T.V., Wilson, M. (2005). Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under weld conditions using foliar biological control agents and plant growth-promoting rhizobacteria. *Biological Control* 36:358-367
- Jones, J.B., Jackson, L.E., Balogh, B., Obradovic, A., Iriarte, F.B., Momol, M.T. (2007). Bacteriophages for plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*, 45: 245-262.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall R.E., Zitter, T.A. (1991). Compendium of Tomato Diseases. ASP Pres, Minnesota, USA.
- Karabüyük, F., Aysan Y. (2019). Bazı bitki ekstraktlarının *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun neden olduğu domates bakteriyele benek hastalığına antibakteriyel etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2) 231-243.
- Karman, M. (1971). Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler, Demelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. T. C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Kamez, E., Güldoğan, Ö., Ercan, N., Korkmaz, K., Aysan, Y. (2021). Domateste bakteriyele benek hastalığının mücadelesinde vermikompost uygulamasının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(3): 726-735.
- Lanna-Filho R., Souza R.M, Alves E. (2017). Induced resistance in tomato plants promoted by two endophytic bacilli against bacterial speck. *Tropical Plant Pathology* 42: 96-108.
- Lelliott, R.A., Stead, D.E. (1987). *Methods in Plant Pathology*. Published on behalf of the British Society for Plant Pathology by Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- Martinez-Cano, B., Garcia-Trejo, J.F., Sanchez-Gutierrez, A.E., Toledano-Ayala, M., Soto-Zarazua, G.M. (2022) Isolation and characterization of plant growth-promoting compost bacteria that improved physiological characteristics in tomato and lettuce seedlings. *Agriculture*, 12(1):3.
- Mc Carter, S.M., Jones, J.B., Gitaitis, T.D., Smtley, D.R. (1983). Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in association with tomato seed, soil, host tissue and epiphytic weed hosts in Georgia. *Phytopathology* 73:1393-1398
- McLeod A., Masimba T., Jensen T., Serfontein S.C. (2017). Evaluating spray programs for managing copper resistant *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* populations on tomato in the Limpopo region of South Africa. *Crop Protection* 102: 32-42.
- Miller, S.A., Jones, J.B. (2014). Bacterial Speck. (Editors: J.B Jones, T.A Zitter, T.M. Momol and S.A. Miller) In: Compendium of Tomato Diseases and Pests, Second Edition, The American Phytopathological Society, 54-55p.
- Mitchell, R.E. (1992). Metabolites from pseudomonads that inhibit the growth of *Erwinia amylovora*. *Sixth International Workshop on Fire Blight*, Athens, Greece 21.


- Pavlovic, M., Konrad, R., Iwobi, A.N., Sing, A., Busch, U., Huber, I. (2012). A dual approach employing MALDI-TOF MS and Real-Time PCR for fast species identification within the *Enterobacter cloacae* complex. *FEMS Microbiology Letters*, 328: 46-53.
- Saad A.T., Hassan, H.A. (2000). Pathogenesis and control of bacterial speck, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, on tomato. *EPPO Bulletin* 30:341–345.
- Silva, J.R.C., de Souza, R.M., Zacarone, A.B., da Silva, L.H.C.P., Castro, A.M.S. (2008). Control with endophytic bacteria and in vitro inhibition of *Pseudomonas syringae* pv *tomato*, agent of bacterial speck of tomato. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(4): 1062-1072.
- Soylu, E.M., Soyly, S., Kara, M., Kurt, Ş. (2020). Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların in vitro antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 23(1): 7-18.
- Tekiner, N., Kotan, R., Tozlu, E., Dadaşoğlu, F. (2019). Determination of some biological control agents against alternaria fruit rot in quince. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34(1): 25-31.
- Timmusk, S., Grantcharova, N., Wagner, E.G. (2005). *Paenibacillus polymyxa* invades plant roots and forms biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11): 7292–7300.
- Umarusman , M., Aysan, Y., Özgüven, M. (2019). Farklı bitki ekstraktlarının bezelye bakteriyel yaprak yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) antibakteriyel etkilerinin araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 297-314.


Commercialization of Pigeon Pea Production: Its Determinants and Constraints**Abraham FALOLA¹, Ridwan MUKAILA^{2*}, Taiwo Funmilola LAWAL³, Michael Ayodele AKINSUYI⁴****Abstract**


Commercialization of neglected and underutilized species is a reasonable pathway to food security, employment growth, and reducing poverty. Pigeon pea is one of the underutilized crops with great economic value and health benefits. Despite its potential, pigeon pea is still a minor crop. This study, therefore, examined the level of pigeon pea commercialization, influencing factors of the commercialization of pigeon pea production and the constraints faced in its commercialization in Nigeria. The descriptive statistics, the household commercialization index, and the Tobit regression model were used to analyse primary data collected from 160 randomly selected pigeon pea farmers. The results showed that the mean household commercialization index was 29.2%, implying that the farmers still had a gap of a minimum of 45.8% to attain a high level of commercialization in pigeon pea production. The positive influencing factors for the commercialization of pigeon pea production were access to credit, farming experience, farm size, farm output, extension services, the use of farm machinery, and pesticides. The distance to the market had a negative influence on the commercialization of pigeon pea production. Farmers' major challenges in commercializing pigeon pea production included a lack of credit, insufficient extension contacts, a poor transportation system, pests and diseases, high production input costs, inadequate storage facilities, and insufficient access to timely market information. Therefore, this study recommends encouraging pigeon pea commercialization by the government and non-governmental organizations through the provision of farm credits, production inputs, a good transportation system, and an improved agricultural extension system.

Keywords: Commercialization, Constraints, Factors, Neglected and underutilized species, Pigeon pea

¹Abraham Falola, Department of Agricultural Economics and Farm Management, University of Ilorin, P.M.B.1515, Ilorin, Kwara State, Nigeria. E-mail: falola.a@unilorin.edu.ng  OrcID: 0000-0002-5265-9355

^{2*} **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.

³Taiwo Funmilola Lawal, Adress, Department of Agricultural Economics and Farm Management, University of Ilorin, P.M.B.1515, Ilorin, Kwara State, Nigeria. E-mail: lawalfunmiexcep@gmail.com  OrcID: 0000-0002-5797-0943.

⁴Michael Ayodele Akinsuyi, Adress, Department of Agricultural Economics and Farm Management, University of Ilorin, P.M.B.1515, Ilorin, Kwara State, Nigeria. E-mail: akinsuyimichael@gmail.com  OrcID: 0000-0002-3487-9127.

Atıf/Citation: Falola A, Mukaila R, Lawal T.F., Akinsuyi M.A. Commercialization of pigeon pea production: Its determinants and constraints. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 840-849.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

1. Introduction

Food insecurity is a global challenge, especially in many developing countries (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO 2021; Mukaila et al. 2022a). The challenge has grown due to the COVID-19 pandemic as recent statistics show that 30% of the world population lacks adequate access to food while up to 811 million people are hungry (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO 2021; World Bank 2022). The report further revealed that hunger is on the increase in almost all African countries as the continent hosts over one-third of the world's hungry people, with sub-Saharan Africa having the highest level of prevalence of undernutrition. Nigeria is not immune to this menace, as the prevalence of food insecurity in the total population between 2014-2016 and 2018-2020 was about 36.5% and 57.7%, respectively (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO 2021). This could affect achieving the second Sustainable Development Goal of zero hunger by 2030 if proper and immediate measures are not in place. Thus, this situation calls for the need for farmers and other relevant stakeholders in agricultural development to diversify their attention from the production of conventional crops to the neglected and underutilized species (NUS) to enhance food availability, affordability, and consequently food security. It would further enhance farmers' income and enable sustainable agriculture (Ghosh, 2021).

The NUS are the crops that have been given insignificant attention or ignored by policymakers, plant breeders, and agricultural researchers (Padulosi et al., 2013). They have great opportunities to alleviate food insecurity and poverty among low-income communities and worldwide. They can also assist in making agricultural production more enduring to climate change, advancing agricultural development and empowering rural farming households (Padulosi et al., 2013). Among the NUS is pigeon pea (*Cajanus cajan*). It is a leguminous crop with many impressive socioeconomic, nutritional, and health benefits. The crop has a high protein content that is comparable with those in other legumes like groundnut and cowpea and is also rich in minerals and fibre content (Emefiene et al., 2014). Thus, it can help in fighting malnutrition. It also has tremendous medicinal value, including the prevention and treatment of gynaecological cancers and menopausal symptoms, as well as the treatment of coronary heart disease angina and fractures (Odeny, 2007). Studies have also revealed that its health benefits also include the ability to boost heart health, prevent anaemia, manage blood pressure, and stimulate growth. It can also help to eliminate inflammation, increase energy, strengthen the immune system, improve digestion, and reduce obesity (Ayanan et al., 2017a). Apart from these, pigeon pea serves as animal feed. The leaves, seeds, and seed processing by-products are rich in protein, which is used in livestock feed (Waldman et al., 2017). In addition to its nutritional values, pigeon pea can adapt to dry conditions, is suited to different production systems and cropping cycles, and is more resistant to diseases (Valenzuela, 2011). However, its production in Nigeria has been largely at the subsistence level despite the good ecological and edaphic conditions of the country, which can support its production in large quantities for commercialization (Ezeaku et al., 2016).

Agricultural commercialization is the share of farmers' output that is taken to the market for public consumption. Agricultural commercialization involves the transition of agricultural production from a subsistence-oriented level to an increasingly market-oriented level (Yaro et al., 2017). It involves a deliberate action by a farmer to use his limited factors of production in a manner that the larger portion of the crop produced is for exchange or sale (Falola et al., 2017). Agricultural commercialization is premised on the goal of increasing the income of farm households, thus reducing unemployment, poverty, and food insecurity levels in local communities and at the global level (Abdullah et al., 2019; Adepoju, 2018; Carletto et al., 2017). It also enhances the food supply in urban areas and has a large welfare impact (Ogutu and Qaim, 2019). Studies have also established that farmers who commercialize their production have a better standard of living than those who operate at a subsistence level (Rabbi et al., 2019; Tipraqsa and Schreinemachers, 2009). This calls for the need to concentrate on market-oriented production of not only common crops but also neglected and underutilized species in many countries.

Understanding factors driving the commercialization of underutilized species is a key component of designing strategies for improving their level of production. Over the years, many studies have focused on the levels of commercialization of common (conventional) crops and their determinants (Abdullah et al., 2019; Gbaguidi et al., 2013; Asuming-Brempong et al., 2013; Falola et al., 2017; Hailua et al., 2015) with little or no emphasis on underutilized species. As regards the pigeon pea, the few studies were on its profitability, farmers' practices, and preferred traits. Emefiene et al. (2014) assessed the profitability of pigeon pea production in Nigeria and reported that pigeon pea production was a profitable venture. While analysing farmers' practices and preferred traits of

pigeon pea production in Benin, Ayenan et al. (2017b) noted that pigeon pea could augment food security, environmental protection and alleviate poverty among farming households. They, however, lamented that the crop is still a minor crop in West Africa. The case is not untrue about Nigeria despite its good ecological and edaphic conditions that are suitable for pigeon pea production.

Based on the foregoing, the broad objective of this study is to investigate the commercialization level of pigeon pea production. The specific objectives are to describe pigeon pea farmers' socioeconomic characteristics; determine the current level of commercialization of pigeon pea production by the farmers; identify the determinants of the level of commercialization; and identify the constraints to pigeon pea production commercialization. This would allow relevant policy intervention to enhance the production of neglected and underutilised crops to solve the food insecurity menace. It would also enhance farmers' well-being and the growth of the rural economy.

2. Materials and Methods

2.1. Study area and data collection

The study was conducted in Ekiti state, located in the southwest region of Nigeria. The state lies between latitudes 7°15'N and 8°51'N and longitudes 4°51'E and 5°45'E. It shares a national border with Kwara State, Kogi State, Ondo State, and Osun State. The state is blessed with good ecological and edaphic conditions that are suitable for agriculture. Agriculture is the mainstay of the state as the majority of its population engages in farming and allied activities. Some of the food crops grown in large quantities in the area are cassava, yam, and grains such as maize and cowpea. Other notable crops cultivated in commercial quantities in the study area are kola nuts and fruits of various kinds. However, pigeon pea is grown as a minor crop in some farming communities of the state.

Primary data were used for the study. The target population were farmers involved mainly in pigeon pea production. The snowball technique was used to sample the respondents. The strategy entails expanding the sample by starting with a respondent who assists in the identification of other potential respondents (Kirchherr and Charles, 2018; Biernacki and Waldorf, 1981). The choice of this technique was premised on the quest to interview only farmers involved in pigeon pea production. Using this technique, 160 pigeon pea farmers were reached in seven farming communities (*Table 1*). Data saturation was considered reached when new respondents provided no additional information. When new respondents supplied no further information, it was considered that data saturation had been reached. (Kirchherr and Charles, 2018; Mason, 2010; Guest et al., 2006). The field survey was conducted between March and May 2021.

Table 1. Sample distribution

Communities	Number of Respondents
Omuro (Oke-Iloro, Egunje, Omodowa, Apoge, Adumari)	65
Isan Ekiti	23
Omu Ekiti	10
Ijelu Ekiti	12
Ese	15
Olorunda	18
Odilowo	17
Total	160

2.2. Data analyses

Descriptive statistics, the household commercialization index (HCI), and Tobit regression were used to analyse the data. Descriptive statistics analyses such as means, percentages, and frequency distribution were used to describe the socioeconomic profile of the pigeon pea farmers and to identify the barriers to the commercial production of pigeon peas. The HCI was employed to examine the degree of market-oriented production of pigeon pea by the farmers.

The HCI is the ratio of the gross value of farm products sold to the value of the ones produced (Onyebinama, 2012; Falola et al., 2022a). It shows the extent to which a producer is commercialization-oriented, with a value

ranging between 0 and 1. This was converted to percentage for easy understanding and interpretation. A closer HCI value towards 100 suggests a high level of commercialization, while an index of 0 indicates that the pigeon pea farmer is operating for consumption only (subsistence agriculture). The model is specified as:

$$HCI = \frac{GVS}{GVP} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Where:

GVS is the Gross value of pigeon pea sold

GVP is the Gross value of pigeon pea produced

The levels of commercialization of pigeon pea production by the farmers were grouped into three, following Asuming-Brempong et al. (2013). These were: low when $\leq 30\%$ of the output was sold, medium when $30\%–75\%$ was sold, and high when $>75\%$ was sold.

Tobit regression was used to identify the driving factors of the commercialization of pigeon pea production. The Tobit model can be used to estimate the expected value of Y_i , censored at 1, as a function of a set of independent variables (Oladele, 2005). The model was expressed as:

$$y_i^* = \beta X_i + \mu_i \quad \mu_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$y_i = \max(0, y_i^*), \quad y_i = y_i^* \quad \text{if } y_i^* > 0 \quad y_i = 0 \quad (\text{Eq. 3})$$

The conceptual model of both Equations (2) and (3) is a stochastic and simultaneous decision model (Adesina and Zinnah, 1993). If $y^* > 0$, the observed qualitative variable, that is, the commercialization index (Y_i) becomes a continuous function of the independent variables. But if $y^* \leq 0$, the observed qualitative variable (y_i) will take a zero value. Equations (2) and (3) represent a censored distribution of the data.

y_i is the HCI. The explanatory variables include:

X_1 = Sex (dummy)

X_2 = Age (years)

X_3 = Educational level

X_4 = Farm size (hectares)

X_5 = Farming experience (years)

X_6 = Membership of farm-based organization (1 if yes, 0 if otherwise)

X_7 = Access to credit (Amount in NGN, ₦)

X_8 = Distance to market (Km)

X_9 = Farm output (kg)

X_{10} = Use of farm machinery (1 if yes, 0 if otherwise)

X_{11} = Non-farm income (Amount in NGN)

X_{12} = Access to extension services (number of extension contacts)

X_{13} = Fertilizer (kg)

X_{14} = Pesticides (litres)

3. Results and discussion

3.1 Socioeconomic characteristics of the respondents

Table 2 shows the socio-economic characteristics of the pigeon pea farmers. The majority of the pigeon pea farmers were of the male gender. A major proportion of the pigeon pea producers were above 50 years of age; 18.2% were within 31–40 years of age; a lesser proportion was within 41–50 years of age; and the least (3.1%) fell below 30 years of age. Their average age was 52.5 years, suggesting that the pigeon pea farmers were relatively advanced in age. The majority of the farmers were married and had a large household of nine people. The large household size is a result of the polygamous and extended nature of rural sub-Saharan African households (Mukaiila et al., 2022b). Most of the farmers were literate, with 55.6% having a secondary school education while 25.6% had primary education. The farm size of the respondents ranged from 0.42 hectares to 3.6 hectares. A large proportion of the farmers had between 1.01 and 2.00 hectares. Further analysis showed that the mean farm size was 1.76 hectares, indicating that pigeon pea production was on a small scale. This supports the assertion of Gbighi

(2021) that Nigerian farmers were small-scale farmers. The major source of farmland used for pigeon pea production among the farmers was through inheritance. About 46% of the farmers had been in pigeon pea production for more than 10 years. Further analysis showed that the average farming experience of the farmers was 15.3 years. This indicates that pigeon pea production is an age-long venture among the respondents, and farmers are equipped with the required skills. The majority of the farmers were members of farm-based associations. However, only 11.9% of the farmers had access to credit. This could lower their level of investment in agricultural production as capital is an important factor in agricultural production activities (Falola et al., 2022b; Mukaila et al., 2021). The major source of funds used by the farmers (87.5%) was personal savings. Meanwhile, all the farmers used both hired and family labour for their farming operations.

Table 2. Socio-economic profile of the pigeon pea farmers

Variables	Category	Frequency	Percentage
Sex	Male	98	61.25
	Female	62	38.75
Age	≤ 30	5	3.1
	31 – 40	29	18.2
	41 – 50	28	17.5
	51 – 60	49	30.6
	> 61	49	30.6
Marital status	Single	1	0.6
	Married	123	76.9
	Widowed	36	22.5
Household size	4-8	67	41.9
	9-12	93	58.1
Education level	No formal education	41	25.6
	Primary education	89	55.6
	Secondary	30	18.8
Farm size	≤1.00	42	26.3
	1.01 – 2.00	75	46.9
	2.01 – 3.00	29	18.1
	>3.01	14	8.8
Ownership of farmland	Inheritance	82	51.2
	Purchase	51	20.6
	Hire/rent	45	28.1
Farming experience	≤10	86	53.8
	11 – 20	30	18.8
	21 – 30	42	26.2
	> 31	2	1.3
Membership in farm-based associations	Member	116	72.5
	Not a member	44	27.5
Access to credit	Had access	19	11.9
	Did not have access	141	88.1
Source of capital	Owned funds	140	87.5
	Friends/relatives	1	0.6
	Cooperative society	19	11.9
Source of labour	Both family and hired	160	100.0

3.2 Analysis of the extent of pigeon pea commercialization

Table 3 summarizes the value of the pigeon pea produced, consumed, or sold by a typical farming household. Analyses revealed that a typical farming household (operating on 1.76 hectares) produced an average of 2.746 tonnes, out of which about 1.945 tonnes were consumed. For this study, the quantity consumed includes those used as food, given out as gifts, stored for the future season, or lost at harvest. Meanwhile, only 0.801 tonnes of the pigeon pea produced were sold. Investigations from the field also revealed that a tonne of pigeon pea was sold for ₦485,850 (USD 1,168.27) in the study area. Thus, the values of the pigeon pea produced, consumed, and sold by a typical farming household were USD 3,208.08, USD 2,272.29, and USD 935.79, respectively. Despite the low level of commercialization among pigeon pea farmers, pigeon peas contributed significantly to their income. Thus,

a high commercialization level of pigeon pea will further enhance farmers' economic status and consequently improve the rural economy and lower rural poverty.

Table 3. Summary of pigeon pea produced, sold and consumed by the respondents

Variable	Mean Quantity (tonnes)	Value (₺)	Value (USD)
Quantity produced	2.746	1,334,144.1	3,208.08
Quantity consumed	1.945	944,978.25	2,272.29
Quantity sold	0.801	389,165.85	935.79
Mean HCI	29.2%	-	-

Table 4 summarizes the HCIs of the respondents by their levels. The HCI of the farmers ranged from 0 – 93.3%. Analyses revealed that 32% of the respondents had HCIs of 0%, implying that they produced mainly for their family consumption. Meanwhile, the modal group (66.9%) was composed of those with HCIs of not more than 30%. In other words, they had low HCIs. Further analysis showed that the average HCI of the pigeon pea farms was 29.2%. About 36.9% of the farmers were operating above this average, while 63.1% were either operating below or exactly at that level. The average HCI obtained in this study implies that over two-thirds (69.8%) of the pigeon pea produced was consumed by the farming households while only 29.2% was available to the members of the public to compete through market forces. It also indicates that the farmers still have a gap of a minimum of 45.8% (75% - 29.2%) to attain a high level of commercialization in pigeon pea production.

Table 4. Farmers' distribution based on household commercialization indices

HCI (%)	Frequency	Percentage	Min.	Max.
≤ 30.0	107	66.9	0	30.0
30.1 – 75.0	46	28.8	33.3	74.3
> 75.00	7	4.4	76.0	93.3
Total	160	100	0	93.9

3.3 Determinants of commercialization of pigeon pea production

Table 5 shows the factors that influenced the commercialization of pigeon pea. Eight variables were found to be significant factors related to pigeon pea commercialization. They were farm size, farming experience, distance to market, access to credit, and farm output. Others were the use of farm machinery, extension services, and pesticides. Farm size had a positive influence on the commercialization of pigeon pea production ($P < 0.05$). This implies that farmers who had large farmlands were able to produce pigeon pea in quantities that were market-oriented. In other words, this implies that farmers who had limited farmland were less likely to engage in the commercial production of pigeon pea. This is because farm output depends on the size of land under cultivation, *ceteris paribus*. Farming experience was very highly significant ($P < 0.01$) in determining the commercialization of pigeon pea production. This implies that farmers who have more experience in pigeon pea production produce more of the crop for the market than those who do not. This could be because experienced farmers are likely to be acquainted with relevant agribusiness skills, especially as regards input sources and market outlets, which may help them in managing production and marketing risks (Falola et al., 2022a).

Access to credit was highly significant ($P < 0.05$) and positively influenced farmers' ability to commercialize pigeon pea production. This indicates that farmers who have access to credit are more able to operate their farms at a market-oriented level. Farmers' ability to produce at a commercial level could largely involve high financial costs, which may be difficult for those who do not have much financial strength to undertake. This may explain why access to credit has a significant positive effect on the commercialization of pigeon pea production. This supports Falola et al. (2022a), who recently reported that access to credit positively influences household commercialization. Distance to the market had a significant but negative effect on the commercialization of pigeon pea ($P < 0.01$). This suggests that the farther the farm is from the market, the fewer farmers produce at a market-oriented level. This may be due to the possibility of postharvest loss that such farmers are likely to incur in the form of spoilage or degradation during handling, storage, and transportation between farm and market outlets (Affognon et al., 2015).

As expected, *Table 5* further shows that the higher the farmers' output, the more they had left for the market ($P < 0.01$). Farmers who have a higher output would have more pigeon peas to be channelled to the market for public consumption. Similarly, the use of machinery had a positive and significant ($P < 0.05$) influence on the commercialization of pigeon pea production. This implies that farmers who used farm machinery in their production had more pigeon peas for the market than their counterparts. This could be because the use of machinery tends to improve agricultural productivity and consequently increase the quantity taken to the market (Mamudu et al., 2012; Nin et al., 2003). Likewise, the use of pesticides had a positive and significant influence on the commercialization of the crop ($P < 0.10$). This suggests that farmers that controlled pests on their farms with pesticides had more pigeon peas to sell in the market than those who did not control pests on their farms. This could be because infestation of pigeon pea by pests would result in low productivity and postharvest loss; thus, controlling pests would enhance the output and, consequently, the quantity available for commercial purposes. Access to agricultural extension services had a positive influence on the commercialization of pigeon pea production ($P < 0.05$). In other words, those who had access to extension services produced more for the market than those who did not. This could be due to the possibility of receiving training on how to operate their farms beyond the subsistence level (Falola et al., 2017).

Table 5. Factors influencing commercialization of pigeon pea production

Variables	Coefficient	Standard error	t-value
Constant	0.1176	0.0527	2.23
Sex	-0.0051	0.0060	-0.85
Age	0.0053	0.0065	0.82
Educational status	-0.0091	0.0263	-0.35
Farm size	0.0153**	0.0065	2.35
Farming experience	0.3337***	0.0878	3.80
Membership in farm-based associations	0.0217	0.0267	0.81
Access to credit	0.0235**	0.0106	2.22
Distance to market	-0.0341***	0.0122	-2.80
Farm output	0.2336***	0.0778	3.00
Use of farm machinery	0.0577**	0.0267	2.16
Non-farm income	-0.0091	0.0262	-0.35
Access to extension services	0.0497**	0.0252	1.97
Fertilizer	0.2030	0.1534	1.32
Pesticides	0.0337*	0.0178	1.89
LR chi 2(14) = 54.13			
McFadden's pseudo R ² = 0.2898			
Log likelihood = -657.92576			
Prob > chi2 = 0.0000			

3.4 Constraints to commercialization of pigeon pea

Table 6 shows the constraints to the commercial production of pigeon pea as perceived by the farmers. The table shows that the most severe constraint perceived by the farmers was inadequate access to credit. The majority of the farmers complained that the reason they could not produce at a commercial level was that they did not have adequate access to credit facilities. Some complained that they did not have the collateral that most financial institutions usually requested to be eligible for loans. Some reported that the problem was due to the high-interest rates being charged by banks, which they could not afford. Others lamented that the problem was due to the absence of financial institutions, like banks, in their area (rural). Another major constraint perceived by the respondents was the lack of access to extension services. About 72% of the farmers lamented that they did not have adequate agricultural extension contacts. This, according to them, debars them from adequate training for the economic potential of pigeon pea production compared to other crops. Other major challenges highlighted by the respondents include poor storage facilities, poor transportation systems, high costs of inputs, incidences of pests and diseases, and inadequate access to timely market information. These findings are in line with some previous studies (Esan and Ojemola, 2018; Jaganathan and Liu, 2014; Dasbak et al., 2012; Marin et al., 2004).

Table 6. Perceived constraints to the commercial production of pigeon pea

Constraints	Frequency	Percentage
High cost of inputs	88	55.0
Poor road network/transportation problem	108	67.5
Inadequate access to credit	120	75.0
Poor storage facilities	97	60.6
Incidences of pests and diseases	83	51.9
Lack of extension contacts	115	71.9
Inadequate access to timely market information	92	57.5

4. Conclusions

Most of the previous studies on factors influencing the commercialization of crop production in sub-Saharan Africa (especially West Africa) have largely focused on conventional crops, with little emphasis on underutilized ones. This study bridges the gap by examining the determinants of commercial production of pigeon pea (a minor crop) in Nigeria. The study reveals that the current level of household commercialization of pigeon pea production is low despite its untapped potential. The study further reveals that the significant factors influencing commercial production of the crop were access to credit, farming experience, farm size, distance to market, farm output, extension services, and use of farm machinery and pesticides. It also reveals that the major constraints limiting the effort of the farmers in producing the crop on a commercial scale include inadequate access to credit, lack of extension services, poor transportation systems, poor storage facilities, and the high cost of inputs. Addressing these challenges would enhance the commercialization of pigeon pea production. When this is done, there would be more pigeon peas available for public consumption, which would consequently enhance food security.

Based on these findings, there is a need for policies that will encourage the commercial production of pigeon pea. The government, through the Ministry of Agriculture, should encourage farmers to invest in pigeon pea production by making inputs such as improved pigeon pea seeds, farm machinery, pesticides, and storage facilities available to them at subsidized rates. Besides, agricultural extension services should be overhauled to disseminate useful information on the commercialization of the crop. These could include the recruitment of more agricultural extension agents and providing incentives for them to carry out their responsibilities effectively. It could also be done by creating awareness of innovations in pigeon pea production through radio and television programmes and print media such as daily newspapers. In addition, financial institutions such as banks should encourage pigeon pea producers by enhancing their access to credit facilities. These could include providing loans at no or low interest rates and reducing the bottlenecks involved in loan acquisition by farmers. In the same vein, the farmers could be given grants as this will help them expand their pigeon pea farms. Moreover, the transportation system in farming communities should be improved. There should be construction and/or rehabilitation of roads to enhance the easy and effective movement of farmers and their products. Similarly, the Ministry of Transportation and other relevant agencies could provide vehicles in the farming communities, as this will ease the transportation of output to the urban market, where the farmers would get good prices for the products. It is worthy of note that this study analysed the commercialization of pigeon pea production in terms of output. More studies should be carried out to consider it from the perspective of the inputs used in pigeon production. To ensure the effectiveness of such studies, effort should be made to delineate the inputs used in pigeon pea production, given that the crop could be intercropped with other crops.

References

- Abdullah, R.F., Ahamad, R., Ali, S., Chandio, A.A., Ahmad, W., Ilyas, A. (2019). Determinants of commercialization and its impact on the welfare of smallholder rice farmers by using Heckman's two-stage approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (2):224–233.
- Adepoju, A.A. (2018). Investigating endogeneity effect of agricultural commercialization on household poverty status in Oyo State Nigeria : A Cdsimeq Approach. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 7 (1):93–101.
- Adesina, A.A., Zinnah, M.M. (1993). Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9:297-311.
- Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., Borgemeister, C. (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *World Development*, 66:49–68.
- Asuming-Brempong, S., Anarfi, J.K., Arthur, S., Asante, S. (2013). Determinants of commercialization of smallholder tomato and pineapple farms in Ghana. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3 (3): 606-630.
- Ayenan, M.A.T., Danquah A., Ahoton L.E., Ofori, K. (2017a). Utilization and farmers' knowledge on pigeon pea diversity in Benin, West Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13:1-13.
- Ayenan, M.A.T., Ofori, K., Ahoton, L.E., Danquah, A. (2017b). Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] production system, farmers' preferred traits and implications for variety development and introduction in Benin. *Agriculture & Food Security*, 6:48.
- Biernacki, P., Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological Methods & Research*, 10:141–63.
- Carletto, C., Corral, P., Guelfi, A. (2017). Agricultural commercialization and nutrition revisited: empirical evidence from three African countries. *Food Policy*, 67:106– 118.
- Dasbak, M.A.D., Echezona, B.C., Asiegbu, J.E. (2012). Field insect pests and crop damage assessment of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Huth) grown under ratoon and in mixture with maize. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72 (1):45-52.
- Emefiene, M.E., Joshua, V.I., Nwadike, C., Yaroson, A.Y., Zwalnan, N.D.E. (2014). Profitability Analysis of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) Production in Riyom LGA of Plateau State. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7): 44-54.
- Esan, V.I., Ojemola, O.I. (2018). Evaluation of production systems, traditional knowledge of pigeon pea (*Cajanus cajan*) and risks of extinction of pigeon pea, jack bean (*Canavalia ensiformis*) and lubia bean (*Lablab purpureus*) in some parts of South-West Nigeria. *Journal of Experimental Agriculture International*, 21 (4):1-11.
- Ezeaku, I.E., Ajeigbe, H.A., Okechukwu, E.C. (2016). Evaluation of introduced pigeon pea (*Cajanuscajan* (L.) Millsp.) genotypes for growth and yield performance in Sudano-Sahelian ecology of Nigeria. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26 (1): 163-169.
- Falola, A., Achem, B.A., Oloyede, W.O., Olawuyi, G.O. (2017): Determinants of commercial production of wheat in Nigeria: A case study of Bakura Local Government Area, Zamfara State. *Trakia Journal of Sciences*, 15(4): 397-404.
- Falola, A., Mukaila, R., Ahmed, A.O. (2022a). Commercialization of Bambara nut production in Nigeria. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(2): 351-361.
- Falola, A., Mukaila, R., Abdulhamid, K.O. (2022b). Informal finance: its drivers and contributions to farm investment among rural farmers in Northcentral Nigeria. *Agricultural Finance Review*, 82(5): 942-959.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. Rome, FAO.
- Gbaguidi, A.A., Dansi, A., Loko, L.Y., Sanni, A. (2013). Diversity and agronomic performances of the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) landraces in Southern Benin. *International Research Journal of Agricultural and Soil Sciences*, 3:121–33.
- Gbigbi, T.M. (2021). Technical efficiency and profitability of cassava production in delta state: a stochastic frontier production function analysis. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18 (1): 21-31.
- Ghosh, B.K. (2021). Changing scenario of crop diversification in Nepal: delineating the role of trade openness, urbanization and rural infrastructure. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18 (4): 599-612.
- Guest, G., Bunce, A., Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18 (1): 59–82.
- Hailua, G., Manjireb, K., Aymut, K.-M. (2015). Crop commercialization and smallholder farmers livelihood in Tigray region, Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 7 (9): 314-322.
- Jaganathan, G.K., Liu, B. (2014). Traditional method of storing pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) seeds using red. *Research Journal of Recent Sciences*, 3 (10): 48-52.
- Kirchherr, J., Charles, K. (2018). Enhancing the sample diversity of snowball samples: Recommendations from a research project on anti-dam movements in Southeast Asia. *PLoS ONE* 13(8): e0201710.
- Mamudu, A.A., Emelia, G., Samuel, K.D. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions? *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2 (3): 1–13.
- Marin, A., dos Santos, D.M.M., Banzatto, D.A., Ferraudo, A.S. (2004). Seed germination of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) under water stress and aluminium sub-lethal doses. *Bragantia*, 63: 13-24.
- Mason, M. (2010). Sample size and saturation in PhD studies using qualitative interviews. *Forum: Qualitative Social Research*, 11(3): 1-19.

- Mukaila, R., Falola, A., Egwue, L.O. (2021). Income diversification and rural smallholder farmers' income in Enugu state Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21 (3): 585–592.
- Mukaila, R., Falola, A., Akanbi, S.O., Egwue, L.O., Obetta, A.E., Onah, T.L. (2022a). Effects of vegetable production on income and livelihood of rural households in Nigeria. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 27 (2): 213-223.
- Mukaila, R., Falola, A., Akanbi, S.O., Aboaba, K.O., Obetta, A.E. (2022b). Drivers of poverty among rural women in Nigeria: Implications for poverty alleviation and rural development. *Journal of Rural and Community Development*, 17 (1): 32–48.
- Nin, A., Arndt, C., Precktel, P. (2003). Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach. *Journal of Development Economics*, 71: 395-415.
- Odeny, D.A. (2007). The potential of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] in Africa. *Natural Resources Forum*, 31: 297–305.
- Ogotu, S.O., Qaim, M. (2019). Commercialization of the small farm sector and multidimensional poverty. *World Development*, 114: 281–293.
- Oladele, O.I. (2005). A Tobit analysis of propensity to discontinuous adoption of agricultural technology among farmers in south-western Nigeria. *Journal of Central European Agriculture*, 6 (3): 249-254.
- Onyebinama, U.A.U. (2012). Economics Incentive and Strategies for Commercialization of Agriculture in Nigeria. *African Journal of Business and Economic Research*, 1 (2): 182 – 184
- Padulosi, S., Thompson, J., Rudebjer, P. (2013). Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition With Neglected and Underutilized Species (NUS): Needs, Challenges and the Way Forward. Bioversity International, Rome.
- Rabbi, F., Ahamad, R., Ali, S. (2019). Determinants of commercialization and its impact on the welfare of smallholder rice farmers by using Heckman's two-stage approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (2): 224–233.
- Tipraqsa, P., Schreinemachers, P. (2009). Agricultural commercialization of Karen Hill tribes in northern Thailand. *Agricultural Economics*, 40 (1): 43–53.
- Valenzuela H. (2011). Pigeon pea: a multipurpose crop for Hawaii, March–April–May edition. Hawaii: Hanai' Ai/The Food Provider. pp. 1–8.
- Waldman, K.B., Ortega, D.L., Richardson, R.B., Snapp, S.S. (2017). Estimating demand for perennial pigeon pea in Malawi using choice experiments. *Ecological Economics*, 131: 222–230.
- World Bank (2022). Food security and covid-19. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19>. (Accessed 23/03/2022).
- Yaro, J. A., Teye, J.K., Torvikey, G.D. (2017). Agricultural commercialisation models, agrarian dynamics and local development in Ghana. *The Journal of Peasant Studies*, 44 (3): 538-554.