

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2023 - Sayı - 2
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2023, Cilt/Volume: 5, Sayı/Issue: 2

Privilige Owner / İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL

Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Norita NORWAWI

Prof. Dr. Mirha ĐİKİĆ

Dr. Teuku Reza FERASYI

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. İskender AKKURT

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

Doç. Dr. Abdullah GENÇ

Doç. Dr. Musa YAVUZ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Dr. Mahdi HOSSEINI

Dr. Supriyanto SUPRIYANTO

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Ali Nadi KAPLAN

Dr. Öğr. Üyesi Tuna GÖKSU

Dr. Öğr. Üyesi Mevlüt Yunus KAYACAN

Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Prof. Dr. Altan DOMBAYCI

Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK

Doç. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Prof. Dr. Hasan ALKAN

Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN

Prof. Dr. Mahmut ELP

Doç. Dr. Osman GENCEL

Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL

Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doğu, Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası, Zemin Kat
32260 Çünür/Isparta

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjse>

Tel: 0246 214 65 74

Teknik Editörler/Technical Editors

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan GÜLER

Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ

Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ aşağıdaki indeks ve özler tarafından
taranmaktadır.

TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING is indexed and/or abstracted by
the following international databases.



Academic Resource Index (ResearchBib)



Directory of Research Journals Indexing (DRJI)



Asos Index



Bielefeld Academic Search Engine (BASE)

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma / Research



- Haşhaş (*Papaver somniferum* L.)’ta Farklı Gelişme Dönemlerinde Yapraktan Azotlu Gübrelemenin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi
The Effect on Yield and some Quality Characteristics of Nitrogen Fertilizer From Foliar in Different Development Stages of Poppy (Papaver somniferum L.)
Ayşe Kübra ÖZKOÇ, Nimet KARA 62-65
- Tatlı Mısırdada (*Zea mays saccharata* Sturt.) Azotlu Gübre Çeşit ve Dozlarının Koçan Verimi ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi
The Effect of Nitrogen Fertilizer Types and Doses on Cob Yield and Some Quality Characteristics in Sweet Corn (Zea mays saccharata Sturt.)
İlknur AKGÜN, Cengiz TÜRKAY, Ruziye KARAMAN, Abdullah KOÇABAŞ 66-73
- MHD Richardson Akışının Emiş ve Çapraz Difüzyon Etkileri ile Üstel Olarak Gerilmiş Sonsuz Bir Plakadan Geçmesinin Analizi
Analysis of MHD Richardson Flow Past An Exponentially Stretched Infinite Plate with Suction and Cross-Diffusion Effects
Uchenna Awucha UKA, Promise MEBINE, Samson Ademola AGUNBIADE 74-88
- TYLCV'ye Dayanıklı Kiraz ve Kokteyl Domates Çeşitlerinin Moleküler Markörler ile Belirlenmesi
Determination of TYLCV-Resistant Cherry and Cocktail Tomato Cultivars by Molecular Markers
Hüseyin BASIM, Osman KANDİL, Mine KARAOĞLAN 89-96
- Bazı Kiraz ve Kokteyl Domates Hatlarının Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi
Determination of Biochemical Contents of Some Cherry and Cocktail Tomato Lines
Gülnur AYDIN, Hakan AKTAŞ 97-111
- Burdur İli Bağ Alanlarındaki Böcek Faunasının Saptanması
Detection of Insect Fauna in Burdur Provincial Vinery Areas
Recep AY, Bülent YAŞAR, Fahriye Nur GÖKSEL 112-120
- The Impact of the COVID-19 on Indonesian Palm Oil Exports
COVID-19'un Endonezya Palm Yağı İhracatı Üzerine Etkisi
Zahraturrahmi ZAHRAURRAHMI, Vecdi DEMİRCAN 121-128
- Bazı Çarliston Tipi Biber Hatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Morphological Characteristics of Some Charleston Type Pepper Lines
Betül DOĞAN, Hüsnü ÜNLÜ 129-137
- Lastik Agregalı Betonun Darbe Dayanımının Araştırılması
Investigation of Impact Strength of Rubber Aggregate Concrete
Celalettin BAŞYİĞİT, Ayşe ELYİĞİT, Mehmet Hanifi ALKAYIŞ 138-145
- ### Derleme / Review
- Toprak Kayıp Modellerinin Somali İçin Değerlendirilmesi
Soil Loss Models for Somalia
Abdinasir Abdullahi MOHAMED, Levent BAŞYİĞİT 146-151



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Haşhaş (*Papaver somniferum L.*)’ta Farklı Gelişme Dönemlerinde Yapraktan Azotlu Gübrelemenin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Ayşe Kübra ÖZKOÇ*¹ , Nimet KARA ²

¹Ziraat Mühendisi – Manisa-Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 14/07/2023

Kabul tarihi: 19/10/2023

Anahtar Kelimeler: Geç azot, Gelişme dönemleri, Haşhaş, Yapraktan azot uygulaması

DOI: 10.55979/tjse.1327795

ÖZET

Araştırma, Isparta koşullarında haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde yapraktan azotlu gübre uygulamasının tohum ve kapsül verimi ile bazı alkaloid içeriklerine etkisini incelemek amacıyla 2021 yılında yürütülmüştür. Araştırmada TMO1 haşhaş çeşidine 1. Kontrol (azotsuz), 2. geleneksel üretim (azotun yarısı ekimle birlikte ve kalan yarısı rozet döneminde), 3. sapa kalkma dönemi (azotun 1/3’ü ekimle, 1/3’ü rozet döneminde topraktan ve 1/3’ü sapa kalkma döneminde yapraktan), 4. tomurcuklanma (azotun 1/3’ü ekimle, 1/3’ü rozet döneminde topraktan, 1/3’ü tomurcuklanma döneminde yapraktan) ve 5. çiçeklenme sonrası dönemlerde (azotun 1/3’ü ekimle, 1/3’ü rozet döneminde ve 1/3’ü çiçeklenme sonrası yapraktan) azot uygulanmıştır. Araştırma sonucuna göre; bitki boyu, kapsül sayısı, kapsül eni, kapsül boyu arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmazken, tohum verimi, kapsül verimi ve azot kullanım etkinliği arasındaki farklar önemli olmuş ve genel olarak kapsül verimi, tohum verimi ve azot kullanım etkinliği için yapraktan azot uygulaması önerilmektedir.

The Effect on Yield and some Quality Characteristics of Nitrogen Fertilizer From Foliar in Different Development Stages of Poppy (*Papaver somniferum L.*)

ARTICLE INFO

Received: 14/07/2023

Accepted: 19/10/2023

Keywords: Late nitrogen, Development periods, Poppy, Foliar nitrogen application

DOI: 10.55979/tjse.1327795

ABSTRACT

The research was carried out with aim of examined effects on seed and capsule yield with some alkaloid contents of fertilize with nitrogen treatment from leaves in different development stages of poppy in Isparta conditions in the 2021 year. In the research, in the TMO1 poppy variety, 1. Control (no N fertilizer), 2. traditional production (half of the nitrogen during sowing and the remaining half during rosette period), 3. stalking period (1/3 of nitrogen during sowing, 1/3 from soil during rosette period, 1/3 from foliar application during the stem period), the 4th budding (1/3 of the nitrogen during sowing, 1/3 from the soil during the rosette stage, 1/3 from foliar application during the budding period) and the 5th post-flowering periods (1/3 of nitrogen during sowing, 1/3 from soil during rosette period and 1/3 foliar application after flowering). According to the research results; While the differences between plant height, number of capsule, capsule width, and capsule length were not significant, the differences between seed yield, capsule yield, nitrogen use efficiency were statistically significant, and as general, it was advised to nitrogen treatment from leaves for capsule yield, seed yield and nitrogen use efficiency.

1. Giriş

Haşhaş bitkisinin kapsüllerinden elde edilen alkaloidler tıbbi amaçlı, tohumları pastacılık, unlu mamulleri üretiminde, yağı boya sanayisinde ve küspesi hayvan yemi olarak çok amaçlı yararlanılmaktadır (Krist vd., 2005). Türkiye yasal haşhaş tarımının yapıldığı afyon alkaloidleri üreticisi olan ülkelerin başında yer almaktadır (İpek, 2011). Haşhaş kapsülünde morfin, tebain, kodein, noskapin (narkotin) ve papaverin gibi tıbbi değeri yüksek olan alkaloidler vardır. Haşhaş bitkisinde yeterli miktarda verim ve kalitenin alınabilmesi için uygun miktarda gübreleme yapılmalıdır. Azot; bitki gelişimini olumlu yönde etkileyerek verimi artırdığı gibi azot içerikli maddelerin sentezini teşvik ederek bazı kalite ve farmakolojik özelliklerin de düzelmesinde etkili olmaktadır (Katar, 1997). Toprakta erozyon, hasat, yıkanma ve gaz şeklinde azot kayıpları meydana gelmektedir (Müftüoğlu &

Demirer, 1998). Ancak uygulanan azotu bölerek bitki gelişiminin farklı aşamalarında uygulamasıyla hem kullanılan azot miktarı azaltılmakta hem de bitkinin mevcut azottan daha iyi faydalanması sağlanmaktadır. Azot toprakta hızlı yıkanan bir besin maddesi olduğu için bitkiler azotlu gübrelemeye sürekli olarak ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle azotun bölünerek bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanda verilmesi azot alımını ve kullanımını etkilemektedir (Strong, 1995; Recous vd., 1997; Recous & Machet, 1999). Bu araştırma Isparta koşullarında haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde yapraktan azotlu gübre uygulamasının tohum verimine ve kaliteye etkisini incelemek amacı ile yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Araştırma Isparta koşullarında “TMO1” haşhaş çeşidi kullanılarak 2021 yılında yürütülmüştür. Denemenin

yürütüldüğü Isparta ili, Batı Akdeniz Bölgesinin Göller yöresinde Akdeniz iklimi ve karasal iklimin kesişme noktasında, Batı Geçit Kuşağı'nda yer almakta olup, 1050 metre rakıma sahiptir. Tipik bir karasal iklim hüküm sürmekte, kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır.

Denemenin yürütüldüğü yılın vejetasyon döneminde ortalama sıcaklık 18.5 °C olup, uzun yıllar sıcaklık ortalamasından (16.4 °C) yüksek olmuştur. Aynı dönemde toplam yağış miktarı 34.9 mm ile uzun yıllar ortalamasından (38.6 mm) düşük olmuştur (Çizelge1). Deneme alanı düz bir topoğrafik yapıda, kumlu-tınlı, tuz oranı düşük (0.27 dS/m), hafif alkali (8.19), kireç oranı çok yüksek (%28.14) ve organik madde oranı (%1.68) düşük düzeydedir.

Haşhaş tohumları 5 Mart 2021 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak sıra arası 40 cm olacak şekilde markörle açılan sıralara 1-2 cm derinliğinde elle ekilmiştir.

Araştırmada saf olarak 6 kg/da fosfor hesabıyla P₂O₅ (TSP formunda) ve 10 kg/da azot (%33 N) uygulanmıştır. Tüm uygulamalarda fosforlu gübrenin tamamı ekimle birlikte ve azotlu gübre ise yapraktan çözdürülerek sırt pülverizatörü ile parsellere uygulanmıştır. Azotlu gübre uygulamaları; kontrol (azot uygulanmayan-yalnız P₂O₅ uygulanmıştır), geleneksel üretim; azotun 1/2'si ekimle birlikte 1/2'si rozet yaprak döneminde verilmiştir, 1. uygulama (sapa kalkma dönemi) 1/3'ü ekimle, 1/3'ü rozet döneminde ve 1/3'ü sapa kalkma döneminde, 2. uygulama (tomurcuklanma dönemi), 1/3'ü ekimle, 1/3'ü rozet döneminde ve 1/3'ü tomurcuklanma döneminde, 3. uygulama (çiçeklenme sonrası) 1/3'ü ekimle, 1/3'ü rozet döneminde ve 1/3'ü çiçeklenme sonrası dönemde yapraktan uygulanmıştır.

Çizelge 1. Deneme yılına ve uzun yıllara ait iklim verileri
Table 1. Climatic data for the trial year and long years

İklim Faktörleri	Yıl	Aylar							Ort/top.
		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos		
Ortalama Sıcaklık (°C)	2021	6.7	12.7	19.6	19.9	25.9	26.3	18.5	
	Uzun yıllar	6.0	10.7	15.5	19.9	23.4	23.3	16.4	
Yağış (mm)	2021	45.0	8.0	2.3	144.7	8.4	1.1	34.9	
	Uzun yıllar	58.7	51.6	56.4	35.5	15.8	14.1	38.6	

3. Bulgular ve Tartışma

Haşhaşta bitki boyu, dal sayısı, kapsül eni, kapsül boyu ve kapsül sayısı bakımından azot uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmazken, tohum verimi, kapsül verimi ve azot kullanım etkinliği arasındaki farklar önemli olmuştur (Çizelge 2, 3). Araştırmada, bitki boyu 58.82-59.86 cm, kapsül eni 27.13-32.00 mm, kapsül boyu 38.50-42.23 mm, kapsül sayısı 1.9-2.4 adet/bitki, kapsül verimi 20.54-43.07 kg/da, tohum verimi 22.31-39.01 kg/da, sabit yağ oranı %40.43-41.00, morfin %0.964-1.071, kodein %0.186-0.279, oripavin %0.021-0.027, tebain %0.017-0.029, papaverin %0.007-0.012, noskapin %0.127-0.174 arasında değişmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü yılda Nisan ve Mayıs aylarındaki yağışların mevsim normallerinin altında, sıcaklıkların ise yüksek olması (Çizelge 1) nedeniyle

Deneme alanında, ilkbaharda bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu rozet döneminde 15 cm aralık bırakılacak şekilde seyreltme ve çapalama yapılmıştır. Bitkiler 20-25 cm uzunluğa eriştiğinde dönemin kurak geçmesi nedeniyle bir kez sulama, 2 kez çapalama ve boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Hasat; 24 Temmuz 2021 tarihinde en alt haşhaş kapsüllerinin sararıp sertleştiği dönemde yapılmıştır. Bitkiyi ana sapa bağlanma noktasından kırmak suretiyle kapsüller toplanmış, dövülerek taneler çıkarılmış ve eleklerden geçirilerek tohum dışı cansız maddelerden temizlenmiştir. Araştırmada, bitki boyu (cm), bitkide kapsül sayısı (adet), kapsül verimi (kg/da), tohum verimi (kg/da), ham yağ oranı *NMR* (nükleer manyetik rezonans-Bruker Minispec mq one %) cihazı kullanılarak, alkaloid bileşenleri (HPCL metodu %) ve azot kullanım etkinliği belirlenmiştir. Azot kullanım etkinliği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Kacar, 2013).

$$\text{Agronomik etkinlik} = (T_g - T_0) / N_g \quad (1)$$

T_g: Azotlu gübre uygulanan parselden alınan tane verimi, kg

T₀: Azotlu gübre uygulanmayan kontrol parselden alınan tane verimi, kg

N_g: Parsele uygulanan N miktarı, kg

Alkaloid analizleri, Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası İşletme Müdürlüğünde HPCL metodu ile alkaloid oranları tespit edilmiştir.

Araştırmada elde edilen ortalamaların karşılaştırılması SAS istatistik paket programından faydalanılarak LSD testine göre yapılmıştır.

haşhaşın bitki boyları ve kapsül sayıları düşük kalmıştır. Bunun yanında yazlık ekimlerde bitki boyunun kısa kalması bitkilerin henüz vejetatif büyüme ve gelişmesini tamamlamadan yüksek sıcaklıkların etkisi ile generatif gelişmeye teşvik edilmesi ile de açıklanabilir (Coşkun, 2014). Ghiorghita vd. (1990) ve Kara & Baydar (2018), dal sayısındaki artışın, genellikle sürekli olmamakla beraber bitki boyu ve kapsül sayısı ile pozitif bir korelasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir. Savaşlı vd. (2011), azotun verim artırıcı etkisi dallanmada, dolayısıyla birim alandaki kapsül sayısında sağladığı artışla gerçekleştiğini, kapsül iriliklerinin azottan etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Araştırmada tüm gelişme dönemlerinde azot uygulamalarının kontrole göre kapsül ve tohum verimleri daha yüksek çıkmıştır. Bu durum azot uygulamalarının kontrole göre kapsül sayısı, kapsül eni ve boyunda bir miktar artış ile açıklanabilir. Budzynski (1994), haşhaşta

ekimle birlikte ve sapa kalkma döneminde uygulanan azotun tohum verimini önemli oranda artırdığını bildirmiştir. Turkhede vd. (1981), azot ve fosforlu gübreleme ile haşhaşın tohum ve kapsül veriminin arttığını, azotlu gübre uygulama zamanı ve şeklinin kapsül

ve tohum verimini artırdığını tespit etmişlerdir. Lošák & Richter (2004), haşhaşa artan azot dozu ile bitki başına düşen kapsül sayısı ve hacimlerinin düzensiz bir şekilde arttığını, tohum verimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif etki gösterdiğini bildirmiştir.

Çizelge 2. Haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde azot uygulamasının bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi
Table 2. The effect on some agricultural characteristics of nitrogen application in different growth stages of poppy

Uygulama Dönemleri	Bitki Boyu (cm)	Kapsül eni (mm)	Kapsül boyu (mm)	Kapsül sayısı (adet/bitki)	Kapsül verimi (kg/da)	Tohum verimi (kg/da)
Kontrol	58.90	27.13	38.50	1.9	20.54 c	22.31 d
Geleneksel üretim	59.86	28.73	41.86	2.1	36.56 b	33.62 c
Sapa kalkma dönemi	58.82	32.00	42.23	2.4	38.22 ab	36.87 b
Tomurcuklanma	59.06	28.27	41.80	2.0	43.07 a	37.24 b
Çiçeklenme sonrası	59.40	28.67	39.56	2.3	38.12 ab	39.01 a
F değeri	2.10	1.14	1.37	2.31	43.74**	348.78**
LSD değeri	2.097	8.0747	6.7274	0.6692	6.1764	1.7072
VK (%)	1.27	10.177	6.0195	11.378	6.3861	1.8428

Haşhaşa gelişme dönemleri arasında sabit yağ oranları bakımından istatistiksel olarak önemli fark bulunmuş %40.43 ile %41.00 arasında değişmiştir (Çizelge 3). Araştırma sonucuna benzer şekilde Budzynski (1994), haşhaşa ekimle birlikte ve sapa kalkma döneminde uygulanan azotun yağ oranına etkisinin olmadığını belirtmiştir. Üstüner vd. (2008), kolzada tüm azotlu gübre formlarının yağ oranı üzerine en fazla etkili olduğu dönemin çiçeklenme sonu olarak bildirmişlerdir.

Haşhaşa gelişme dönemleri arasında azot kullanım etkinliği bakımından istatistiksel olarak önemli fark bulunmuş ve en düşük değer geleneksel (%1.130), en yüksek değer çiçeklenme sonrası (%1.670) dönemde azot uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Haşhaşa azot uygulama dönemleri geciktikçe azot kullanım etkinliğinin yükseldiği tespit edilmiştir. Bu artış çiçeklenme ve tomurcuklanma döneminde yaprakların en iyi geliştiği

dönem olması nedeniyle püskürtülen azotun daha etkin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Haşhaşa morfin, kodein, oripavin, tebain papaverin ve noskapin alkaloid içerikleri azot uygulama dönemlerine göre, morfin oranı (%1.071) geleneksel üretim, kodein (%0.279), tebain (%0.029) ve noskapin (%0.174) tomurcuklanma, oripavin (%0.027) ve papaverin (%0.012) ise kontrole göre oransal olarak daha yüksek elde edilmiştir (Çizelge 3). Haşhaş alkaloidlerinin yapısında bulunan azotlu bileşiklerin (Tok & Gowder, 2019) bitkide sentezlenmesi kompleks bir yapıda olup, iklim faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmekte ve gelişme dönemlerine göre alkaloidler birbirine dönüşebilmektedirler (Dittbrenner vd., 2012). Yadav vd. (2009), azotlu gübre miktarının belirli bir seviyeye kadar artan uygulanması ile haşhaşa morfin içeriğinin yükseldiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde azot uygulamasının; azot kullanım etkinliği, sabit yağ ve alkaloid içeriğine etkisi (%)

Table 3. Effect on nitrogen utilization efficiency, fixed oil and alkaloid content of nitrogen application in different growth stages of poppy (%)

Uygulama Dönemleri	Azot kullanım etkinliği	Sabit yağ	Morfin	Kodein	Oripavin	Tebain	Papaverin	Noskapin
Kontrol	-	40.46	1.008	0.186	0.027	0.017	0.012	0.165
Geleneksel üretim	1.130 c	41.00	1.071	0.223	0.021	0.024	0.010	0.152
Sapa kalkma dönemi	1.456 b	40.93	1.049	0.227	0.025	0.020	0.008	0.134
Tomurcuklanma	1.493 ab	40.43	0.964	0.279	0.026	0.029	0.011	0.174
Çiçeklenme sonrası	1.670 a	40.66	0.977	0.205	0.022	0.018	0.007	0.127
F değeri	31.71**	0.48						
LSD değeri	0.2097	1.792						
V.K (%)	4.8182	1.6071						

4. Sonuç

Haşhaşa farklı gelişme dönemlerinde yapraktan azotlu gübre uygulamasının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisini incelemek amacı ile yürütülen araştırmada elde edilen verilere göre; bitki boyu, kapsül sayısı, kapsül eni, kapsül boyu arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmazken, tohum verimi, kapsül verimi, azot kullanım

etkinliği arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Genel olarak haşhaşa yapraktan azot uygulaması kapsül verimi, tohum verimi ve azot kullanım etkinliğini artırdığı tespit edilmiştir.

5. Teşekkür

Alkaloit analizlerinin yapılmasında verilen destekten dolayı TMO Afyonkarahisar-Bolvadin Afyon Alkaloitleri Fabrikası İşletme Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Bilgilendirme: Bu araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde sunulan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Araştırmanın planlanması, istatistik analizi ve yazım aşamaları A.K.Ö ve N.K, arazi aşamasının ise A.K.Ö tarafından yürütüldüğünü beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Budzynski, W. (1994). *Effects of Method of Cultivation and Nitrogen Application Yield of Two Poppy Varieties*. Biuletyn Instytutu Hadawii Aklimaty Zacji Raslin.
- Coşkun, Y. (2014). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in kışlık ve yazlık ekim olanakları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4), 462-468.
- Dittbrenner, A., Mock, H.P., Börner, A., & Lohwasser, U. (2012). Variability of alkaloid content in *Papaver somniferum* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(2), 103-107.
- Ghiorghită, G., Niculiță, C., & Balint, S.V. (1990). Influence of self-pollination and of the branching degree on some morpho-physiological indices in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Revue Roumaine de Biologie. Serie de Biologie Vegetale*, 35(1), 67-74.
- İpek, G. (2011). *Seçilmiş Yüksek Morfinli Haşhaş (Papaver somniferum L.) Hatlarının Bazı Bitkisel ve Tarımsal Özellikleri üzerine Araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kacar, B. (2013). *Temel Gübre Bilgisi*. Nobel Yayıncılık.
- Kara, N. (2017). The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 39-46. <https://doi.org/10.17557/tjfc.301829>
- Kara, N., & Baydar, H. (2018). Examining of relationships among traits using correlation, path and principal components analysis methods in Turkish opium poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Tarım Bilimleri Dergisi (Journal of Agricultural Sciences)*, 24(2), 286-295. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.446462>

- Katar, D. (1997). *Azotlu Gübre Verme Zamanı ve Miktarının Haşhaşın Verim ve Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Krist, S., Stuebiger, G., Unterweger, H., Bandion, F., & Buchbauer, G. (2005). Farklı haşhaş çeşitlerinden (*Papaver somniferum* L.) ekstrakte edilen tohum yağlarının uçucu bileşiklerinin ve trigliseridlerinin analizi. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 53(21), 8310-8316.
- Lošák, T., & Richter, R. (2004). Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil Environment*, 50(11), 484-488.
- Müftüoğlu, N.M., & Demirel, T. (1998). Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 175-185.
- Recous, S., & Machet, J.M. (1999). Short-term immobilisation and crop uptake of fertiliser nitrogen applied to winter wheat: effect of date of application in spring. *Plant and Soil*, 206, 137-149. <https://doi.org/10.1023/A:1004377006602>
- Recous, S., Loiseau, P., Machet, J.M., & Mary, B. (1997). Transformations et devenir de l'azote de l'engrais sous cultures annuelles et sous prairies. In *Colloques-Inra*. (pp. 105-120)
- Savaşlı, E., Çekiç, C., Önder, O., Dayıoğlu, R., Camcı, H., Koşar, F.Ç., Balcı, A., & Kalaycı, M. (2011). Azotlu Gübrelemenin Haşhaş Tohum, Kapsül ve Morfin Oranları Üzerine Etkisi. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*. 27-30 Nisan, Eskişehir, 1-11.
- Strong, W.M. (1995). Nitrogen fertilization of upland crops. In *Nitrogen Fertilization in the Environment*. (pp. 129-169)
- Tok, T.T., & Gowder, S.J. (2019). Structural and pharmacological properties of alkaloids with special reference to thebaine type alkaloids. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 17(3), 12767-12780.
- Turkhede, B.B., Mathur, V.S., & Ram, S. (1981). Effects of rates, timing and methods of nitrogen application on opium seed yield and quality of opium poppy. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 51(2), 102-107.
- Üstüner, N., Kolsarıcı, Ö., & Kaya, M. (2008). Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan azotlu gübre formlarının kışlık kolza (*Brassica napus* ssp. *Oleifera* L.)'nın verim ve verim öğelerinin etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2), 1-6.
- Yadav, R.L., Mohan, R., Singh, R., & Verma, R.K. (2009). The effect of application of nitrogen fertilizer on the growth of opium poppy in north central India. *The Journal of Agricultural Science*, 102(2), 361-366. <https://doi.org/10.1017/S0021859600042684>.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Tatlı Mısırdaki (*Zea mays saccharata* Sturt.) Azotlu Gübre Çeşit ve Dozlarının Koçan Verimi ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

İlknur AKGÜN^{1*}, Cengiz TÜRKAY¹, Ruziye KARAMAN¹, Abdullah KOÇABAŞ²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

²Burdur İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Burdur, Türkiye

*Sorumlu yazar: ilknurakgun@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 10/08/2023

Kabul tarihi: 08/12/2023

Anahtar Kelimeler: Azot, Kalite, Şeker mısır, Verim, Yavaş salımlı gübre

DOI: 10.55979/tjse.1340257

ÖZET

Araştırmada azotlu gübre çeşitleri [Nitropower 33,üre ve UTEC] ve dozlarının (15, 20 ve 25 kg da⁻¹) şeker mısırında verim ve kalite özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Çalışma şans bloklarında bölünmüş parseller deneme planına göre kurulmuştur. Ana parsellere gübreler, alt parsellere ise dozlar yerleştirilmiştir. Çalışmada, gübre çeşitlerinin taze koçan verimine (kavuzlu ve kavuzsuz), ham kül oranına, toplam çözülebilir şeker miktarına; dozların ise ham protein oranına, ham kül oranına ve toplam çözülebilir şeker miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek kavuzlu ve kavuzsuz taze koçan verimi, yavaş salımlı gübre çeşidinde (UTEC) ve 20 kg da⁻¹ gübre uygulamasında tespit edilmiştir. Azot dozunun artmasıyla özellikle toplam çözülebilir şeker miktarı, ham protein ve ham kül oranı da artmıştır. Sonuç olarak, Vega F1 tatlı mısır çeşidinde yavaş salımlı gübre uygulamasının (UTEC) verim artışı yanında, kalite (ham protein ve toplam çözülebilir şeker miktarı gibi) üzerinde de olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

The Effect of Nitrogen Fertilizer Types and Doses on Cob Yield and Some Quality Characteristics in Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt.)

ARTICLE INFO

Received: 10/08/2023

Accepted: 08/12/2023

Keywords: Nitrogen, Quality, Sweet corn, Yield, Slow release fertilizer

DOI: 10.55979/tjse.1340257

ABSTRACT

The effects of nitrogen fertilizer varieties [Nitropower 33, urea and UTEC] and doses (15, 20 and 25 kg da⁻¹) on yield and quality characteristics of sugar corn were determined. The study was established according to the split-plot experimental design in chance blocks. Fertilizers were placed in the main plots and doses were placed in the sub-plots. In the study, it was determined that the effects of fertilizer types on fresh cob yield (with and without cobs), crude ash content, total soluble sugar content and the effects of doses on crude protein content, crude ash content and total soluble sugar content were statistically significant. According to the results obtained, the highest yields of fresh cobs with and without cobs were determined in the slow-release fertilizer variety (UTEC) and 20 kg da⁻¹ fertilizer application. Total soluble sugars, crude protein and crude ash content also increased with increasing nitrogen dose. As a result, it was determined that the application of slow release fertilizer (UTEC) had a positive effect on quality (such as crude protein and total soluble sugar content) as well as yield increase in Vega F1 sweet corn variety.

1. Giriş

Şeker mısır (*Zea mays saccharata* Sturt.), temel olarak sert mısır, at dişi mısır, kavuzlu mısır, cin mısır, mumsu mısır ve unlu mısır gibi farklı mısır alt türlerinden birisidir (Oladejo & Adetunji, 2012). Dünya çapında ağırlıklı olarak şeker mısır taze, konserve ve dondurulmuş gıda olarak üzere üç farklı pazar amacıyla yetiştiriciliği yapılmaktadır. Tatlı mısırın diğer mısırlara göre tadının lezzetli olması, ince dış kabuğu, yumuşak ve şekerli dokusu nedeniyle taze tüketimde tercih edilmektedir (Öktem vd., 2010). Ayrıca, şeker mısır diğer mısır çeşitlerine göre embriyosu daha iri, daha fazla yağ ve protein içeriğine sahiptir (Sade, 2002). Şeker mısır tanesi kuru madde bazında %15 protein ve %64 karbonhidrat (%30'dan fazla nişasta ve %9'dan fazla yağ) içerirken (Sevov, 2017), fosfor, magnezyum, demir, çinko ve vitamin içeriği bakımından da oldukça zengindir (Keerthi vd., 2017).

Dünyada şeker mısır üretimi yaklaşık 1 milyon ha alanda yapılmakta olup, üretim yaklaşık 9 milyon ton, verim ise 8500 kg ha⁻¹'dir. Şeker mısır en çok ABD (2.6 milyon ton) üretilirken, bunu sırasıyla Meksika (1.1 milyon ton), Nijerya (776 bin ton) ve Endonezya (654 bin ton) takip etmektedir (FAO, 2023). Ülkemizde ise şeker mısırının üretim miktarı ve ekim alanı hakkında yeterli istatistiksel bilgi bulunmamakla birlikte, son yıllarda şeker mısırının üretim ve tüketimi artış göstermiştir. Nitekim, Türkiye 2019, 2020 ve 2021 yıllarında toplam 2.5 milyon ton ihracata karşılık 8.02 milyon ton mısır ve mamulleri ithal etmiştir (Taşdan, 2021). Dünyada şeker mısır üretimi, pazar talebini karşılamamakta ve bunun sebeplerinden birisi de veriminin düşük olmasıdır (Laksano vd., 2018). Şeker mısır üretimini artırmada önemli faktörlerden birisi de gübreleme ve/veya toprağa organik madde ilave edilmesidir (Irshad vd., 2013; Roeswitawati vd., 2021). Ayrıca farklı gübre uygulamalarının tüketici tercihlerinin

etkili olan kalite özellikleri üzerine nasıl etkili olacağına bilinmesi de önem taşımaktadır.

En yaygın elementlerden biri olan azot, amino asitlerin, proteinlerin, nükleik asitlerin, klorofilin ve bitki yaşamı için gerekli olan diğer birçok metabolitin bir parçasıdır (Bolat & Kara, 2017). Mısır yetiştiriciliğinde en önemli makro besinlerden birisi olan azot, vejetatif ve generatif dönemlerde önemli rol oynamaktadır (Yürürdurmaz & Tansı, 2021). Ülkemizde ticari gübreler dengeli ve ekonomik kullanılmadığı için, üretimin maliyeti artırmaktadır. Ayrıca, gübre ham maddelerine önemli miktarda döviz ödenmektedir (Çokkızgın & Çölkesen, 2006; Can & Akman, 2014). Ayrıca, azot gübrelemesinden sonra buharlaşma, denitrifikasyon ve yıkanmadan kaynaklanan nitrojen kayıpları, azot geri kazanım etkinliğinin azalmasına, ürün performansının düşmesine neden olmakta ve çevresel kirlenme riskini artırmaktadır (Cassman vd., 2002). Bu sorunun temel çözümlerinden birisi, bitki gelişiminin her aşamasında bitkiye kademeli olarak azot sağlayan yavaş salınımlı gübreler kullanılmasıdır. Nitekim, tarım alanlarında yavaş salınımlı gübre kullanımı ile birlikte mahsul verimi ve tarımsal etkinlik artmakta, işçilik maliyetleri azalmakta ve daha az miktarda gübre kullanımı ile birlikte toprak ile suyun daha az kirlenmesine yol açmaktadır (Akhlaghi, 2008; Khavah, vd., 2015).

Bu çalışmada, azotlu gübre çeşitlerinin (UTEC (üreaz inhibitörlü), Nitropower 33 ve Üre) ve dozlarının (15, 20 ve 25 kg da⁻¹) tatlı mısırı çeşidinde (Vega F1) koçan verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Böylece, yüksek verimli şeker mısır çeşitlerinin farklı bölgelerde yetiştirilmesi ve üreticilere tanıtılması ekim alanlarının artmasına katkı sağlayabilecektir.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, Burdur ilinin Suludere köyünde 2020 yılında yürütülmüştür. Çalışmada, materyali olarak süper tatlı (sh2) tipinde Vega F1 şeker mısır çeşidi kullanılmıştır. Vega F1 mısır çeşidi vejetasyon süresi 76-80 gün arasında değişen sarı tane rengine sahiptir (Anonim, 2023a).

Araştırmada, azot kaynağı olarak UTEC (yavaş salınımlı gübre), üre ve Nitropower 33 kullanılmıştır. Nitropower 33 gübresi içeriğinde %33 azot (%25 üre azotu ve %8 NH₃ azotu) ve %20 oranında S₂O bulunmaktadır (Anonim

2023b). Üre gübresi %46 oranında azot içermektedir (Anonim, 2023c). UTEC gübresinde ise %45 oranında azot ve %0.108 oranında üreaz inhibitörü bulunmaktadır. Üre azotu içeren UTEC gübre çeşidinde üre azotu N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) ile inhibe (engelleme), yavaşlatıcı) edilerek üretilmiştir. Bu gübrenin NBPT içermesi nedeniyle üre azotunun hidrolizi geciktirilmekte ve NH₃ gazı şeklindeki azot kayıplarını önlemektedir. Bu inhibitör, ürenin yağmur yağmadığı ya da susuz şartlarda NH₄'a dönüşümünü yavaşlatmakta ve azotun NH₃ şeklindeki kaybı (10-15 gün) engellenebilmektedir (Anonim, 2023d).

Çalışma 3 tekerrürlü olarak, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme planına göre yürütülmüştür. Araştırmada ana parsellere gübreler (UTEC, üre ve Nitropower 33), alt parsellere ise dozlar (15, 20, 25 kg/da) yerleştirilmiştir. Her bir blokta toplam 9 parsel (5 m uzunluğunda ve 6 sıra), yer almaktadır. Mayıs ayının ikinci haftasında markörle açılan sıralara (sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm) her ocağa 2 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Çimlenme tamamlandıktan sonra her ocağa 1 bitki bırakılmıştır. Azotlu gübrenin yarısı ve fosforun tamamı (10 kg da⁻¹, P₂O₅) ekimle beraber, azotlu gübrelerin diğer yarısı ise bitkiler 30-40 cm boya ulaştığında verilmiştir. Sulama, bitkinin nem stresine girmesini önleyecek şekilde damla sulama yöntemiyle ekimden itibaren uygulanmıştır.

Bitkiler süt olum döneminde (yaklaşık %70 nem), kenar tesirleri atıldıktan sonra kalan sıralarda bulunan taze koçanlar elle hasat edilmiştir. Bitkilerden hasat edilen koçanların kavuzlu ve kavuzsuz ağırlıkları tartılarak dekara çevrilmesiyle taze koçan verimi (kg da⁻¹) belirlenmiştir. Koçan randımanı (%): Kavuzlu koçan ağırlığının/kavuzsuz koçan ağırlığına oranlanması ile bulunmuştur. Koçanlardan çıkarılan taneler, etüvde sabit ağırlığa (65°C) ulaşıncaya kadar bekletilerek kuru madde oranı (%) hesaplanmıştır. Tanedeki azot miktarı Kjeldahl metoduna göre belirlenmiş (Kacar & İnal, 2010), elde edilen değer 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranı (%) hesaplanmıştır (Bremner, 1965). Mısır tanelerindeki ham kül oranı, kül fırınında 550°C'de 4 saat işleme tabi tutularak elde edilen değer 100'le çarpılmasıyla elde edilmiştir (Yılmaz, 2005). Toplam çözülebilir şeker miktarı fenol-sülfirik asit metoduna göre belirlenmiş ve spektrofotometrede 540 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Dubois vd., 1956).

Çizelge 1. Çalışmanın yapıldığı yıla ve uzun yıllara (1970-2019) ait iklim verileri*

Table 1. Climate data for the year of the study and for many years (1970-2019)*

Aylar/İklim Faktörleri	Toplam yağış (mm)		Ortalama sıcaklık (°C)		Ortalama nispi nem (%)	
	2020	Uzun Yıllar	2020	Uzun Yıllar	2020	Uzun Yıllar
Mayıs	102.2	44.17	16.7	16.39	43.8	55.05
Haziran	36.2	28.84	20.4	21.05	41.6	48.63
Temmuz	4.0	13.82	26.9	24.73	30.6	41.0
Ağustos	22.0	9.63	25.4	24.50	32.4	41.74
Eylül	5.8	15.03	23.4	20.26	36.2	46.44
Toplam / Ortalama	170.2	114.5	22.5	21.4	36.9	46.6

*Burdur Meteoroloji İstasyonu iklim verileri

Denemenin yürütüldüğü vejetasyon dönemindeki sıcaklık ortalaması (21.4°C) ve nisbi nem (%36.9) uzun yıllar ortalamalarından (22.5°C ve %46.6) daha düşük gerçekleşmiştir. Aynı dönemde toplam yağış miktarı 2020 yılında (170.2 mm), uzun yıllardan (114.5 mm) daha fazla gerçekleşmiştir (Çizelge 1). Deneme alanı (0-30 cm) toprağı killi-tınlı yapıda, organik madde içeriğı %1.86, tuzsuz, pH 8.00, kireç (CaCO₃) içeriğı %38.78, azot içeriğı %0.09 ve fosfor (P₂O₅) içeriğı 239 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen veriler, TOTEMSTAT paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Vega F1 şeker mısır çeşidinde kavuzlu taze koçan verimi üzerine farklı azotlu gübre çeşitlerinin etkisi önemli, dozların ve gübre çeşidi x doz interaksyonu önemsiz olarak bulunmuştur. Gübre çeşitlerine göre ortalama kavuzlu taze koçan verimi 3055.86 – 3498.29 kg da⁻¹; gübre dozlarına göre ise 3198.34 – 3380.50 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. UTEC adlı yavaş salımlı gübre uygulamasında en yüksek kavuzlu taze koçan verimi

elde edilmiş olup, UTEC ile üre gübre çeşitleri aynı istatistiki grupta yer aldıkları belirlenmiştir. Gübre dozları yönünden 15 kg da⁻¹ azot dozunda en düşük, 20 kg da⁻¹ azot dozunda ise en yüksek kavuzlu taze koçan verimi tespit edilmiştir. Gübre çeşidi x doz interaksyonu önemsiz olmakla birlikte, yavaş salımlı gübrenin 20 kg da⁻¹ kadar uygulanması, kavuzlu taze koçan verimini (3838.19 kg da⁻¹) artırmıştır. Nitropower 33 gübresinde ise en yüksek değer 25 kg da⁻¹ azot dozunda (3336.48 kg da⁻¹) belirlenmiştir (Çizelge 2).

Şeker mısırı çeşitlerinde ortalama kavuzlu taze koçan verimini Atakul (2011), 1405.20 kg da⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Can & Akman (2014), mısırdaki uygulanan azot dozu arttıkça verimin de arttığını, ancak 14 kg da⁻¹ azot dozundan sonraki dozlarda meydana gelen artışın önemli olmadığını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, mısır bitkisinde nitrifikasyon inhibitörlü gübre uygulamalarının etkisi ekolojik koşullara göre değişebilmektedir (Tsai vd., 1984). Kavuzlu taze koçan verimi ile ilgili sonuçların farklı olmasının nedenleri arasında çeşit ve ekolojik faktörler sayılabilir. Sonuç olarak araştırmada dozlar arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiş olsa da, 20 kg da⁻¹ UTEC uygulamasında dekara 3838.19 kg kavuzlu koçan elde edilmiştir.

Çizelge 2. Farklı azotlu gübre çeşidi ve dozları uygulanan Vega F1 şeker mısırında kavuzlu taze koçan verimine (kg da⁻¹) ait ortalamalar

Table 2. Means of fresh cob yield (kg da⁻¹) of Vega F1 sugar corn with different nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			Ortalama
	15	20	25	
Nitropower 33	2813.73	3017.38	3336.48	3055.86 B ¹
Üre	3357.02	3285.94	3263.64	3302.20 A
UTEC	3424.26	3838.19	3232.41	3498.29 A
Ortalama	3198.34	3380.50	3277.51	

CV (a): % 5.25; CV (b): % 8.93; Gübre (A): 14.88*; Doz (B): 0.87 ns; A x B 2.48 ns

¹Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark önemli değildir. ns: Önemli değil, *: P≤0.05

Vega F1 şeker mısır çeşidinde kavuzsuz taze koçan verimi üzerine farklı azotlu gübre çeşitlerinin etkisi önemli, dozlarının ve gübre çeşidi x doz interaksyonu önemsiz olarak tespit edilmiştir. Kavuzsuz taze koçan verimi gübre çeşitlerine göre ortalama 2192.48–2852.34 kg da⁻¹, azot dozlarına göre ise 2321.31–2506.89 kg da⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek kavuzsuz taze koçan verimi UTEC adlı yavaş salımlı gübre çeşidinde, en düşük kavuzsuz taze koçan verimi ise Nitropower 33 gübresinde tespit edilmiştir. Kavuzlu koçan veriminde üre ve UTEC arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmadığı halde (Çizelge 2), kavuzsuz koçan veriminde önemli çıkmıştır. Bu durum azotun üre formunun daha fazla koçan yaprağı oluşturması ile açıklanabilir. Gübre dozlarına göre kavuzsuz taze koçan verimi, en yüksek 20 kg da⁻¹ azot dozunda, en düşük ise 15 kg da⁻¹ azot dozu uygulamasında tespit edilmiş, ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 3).

Şeker mısırında kavuzsuz taze koçan verimi çeşide, çevre şartlarına ve tarımsal uygulamalara göre değişim göstermektedir. Nitekim, en yüksek kavuzsuz taze koçan verimini Alp (2000), 14 kg da⁻¹ azot uygulamasında, Özata (2013), ilk yıl 25 kg da⁻¹ (1123.0 kg da⁻¹), ikinci yıl ise 20 kg da⁻¹ azot uygulamasında (1336.0 da⁻¹), Can & Akman (2014) ise 14 kg da⁻¹ azot dozu uygulamasında (1652.0 kg da⁻¹) tespit etmişlerdir. Ayrıca, Özerkişi (2016), Tekirdağ koşullarında 2104.8 kg/da, Burcu & Akgün (2018) Isparta koşullarında 1224.89 da⁻¹ olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, kavuzsuz taze koçan verimini yavaş salımlı gübre uygulaması önemli seviyede artırmış ve 20 kg da⁻¹ dozunda 2863.64 kg da⁻¹ verim elde edilmiştir. Bununla birlikte, Nitropower 33 gübre çeşidinde daha yüksek verim elde edebilmek için, birim alana uygulanacak gübre miktarının artırılması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 3. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) kavuzsuz taze koçan verimine (kg da⁻¹) ait ortalamalar

Table 3. Means of fresh cob yield (kg da⁻¹) of sweet corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			
	15	20	25	Ortalama
Nitropower 33	2046.63	2169.62	2361.09	2192.48 C
Üre	2370.64	2487.39	2376.18	2411.40 B
Utec	2546.66	2863.64	2336.72	2852.34 A
Ortalama	2321.31	2506.89	2358.00	
CV (a): %5.2; CV (b): % 9.4; Gübre (A): 22.16**; Doz (B): 1.71 ns; A x B: 2.10 ns				

ns: Önemli değil, **:P≤0.01

Vega F1 şeker mısır çeşidinde koçan randımanı üzerine farklı gübre çeşit ve dozlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Koçan randımanı gübre çeşitlerine göre %72.43-73.79 arasında değişim göstermiştir. En yüksek koçan randımanı yavaş salımlı gübrede (Utec), en düşük koçan randımanı ise Nitropower 33 gübresinde tespit edilmiştir. Azot dozlarının artışıyla beraber koçan randımanı da artış göstermiş fakat bu farklılık istatistiki olarak önemli olmamıştır (Çizelge 4). Sonuç olarak koçan randımanı üzerine yavaş salımlı gübre uygulamasının, diğer gübrelere göre daha avantajlı olduğu ve azot dozlarının artmasıyla koçandaki kavuz oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Koçan randımanı, koçanın ağırlığındaki kavuz miktarını ifade etmekte olup, yüksek olması istenilen bir

parametredir. Koçan randımanı üzerinde yapılan araştırmalarda çeşidin yanında farklı uygulamalarının etkisi de incelenmiştir. Tuncay vd. (2005), koçan randımanı üzerine yetiştirme döneminin etkisinin önemli olmadığı, ancak çeşitlere göre önemli farklılık gösterdiği (%63.55-80.83) belirlenmiştir. Ayrıca, yetiştirme dönemindeki iklim koşulları ve uygulamaların koçanın kavuz miktarına değiştirebilmektedir (Eşiyok & Bozokalfa, 2005). Diğer taraftan Akgün vd. (2021), azotun koçan randımanının üzerine önemli etkisinin olduğunu ve azot dozunun artmasıyla koçan randımanının yükseldiğini ifade etmişlerdir. Araştırma elde edilen bulgular diğer araştırmalarda da görüldüğü gibi destekler nitelikte olup, farklılıkların ise bitki tür ve çeşidine, yetiştirme sezonundaki iklim (sıcaklık, nem ve yağış) ile toprak yapısına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Çizelge 4. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) koçan randımanına (%) ait ortalamalar

Table 4. Means of cob yield (%) in sugar corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			
	15	20	25	Ortalama
Nitropower	72.75	71.86	72.68	72.43
Üre	70.65	75.90	72.81	73.12
Utec	74.41	74.60	72.37	73.79
Ortalama	72.60	72.62	74.12	
CV (a): %4.3; CV (b): % 3.19; Gübre (A): 0.42 ns; Doz (B): 1.25 ns; A x B: 1.78 ns				

ns: Önemli değil

Vega F1 tatlı mısır çeşidinin kuru madde oranına farklı gübre çeşit ve dozlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Gübre çeşitlerine göre ortalama kuru madde oranı %24.72-25.10; gübre dozlarına göre ise %24.0-25.57 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek kuru madde oranı Utec adlı yavaş salımlı gübre uygulamasında, ancak diğer gübre çeşitleri ile arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Kuru madde oranı yönünden gübre dozları arasındaki fark önemli olmamış, ancak her üç gübrede de, en yüksek ise 15 kg da⁻¹ dozunda, en düşük değer 20 kg da⁻¹ azot dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çalışmada kuru madde oranı üzerine azot dozlarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmasına rağmen, azot dozlarının artışına bağlı olarak kuru madde oranında arttığı farklı çalışmalarda ifade edilmiştir.

Uslu (1999), mısırdaki en yüksek kuru madde oranını 35 kg da⁻¹ azot dozu uygulamasında elde ettiğini bildirmiştir. Ayrıca, mısırdaki azot dozunun artmasıyla, azot kullanım etkinliğinin azaldığı, kuru madde veriminin ise arttığı bildirilmiştir (Presterl vd., 2003). Mısır bitkisine uygulanan azot miktarının (20, 25 ve 30 kg da⁻¹) artmasıyla, tanedeki kuru madde oranının arttığı ve en yüksek kuru madde oranının 30 kg da⁻¹ azot dozundan elde edildiği bildirilmiştir (Yılmaz, 2005). Sonuç olarak, çalışmada azot dozları arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiş olsa da 15 kg da⁻¹ Utec gübresinin uygulaması ile en yüksek kuru madde oranı tespit edilmiştir. Tanede kuru madde oranının 15 kg da⁻¹ azot dozunda yüksek olması, bitkilerin daha hızlı olgunlaşmaya geçtiğinin göstergesi olabilir.

Çizelge 5. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) kuru madde oranına (%) ait ortalamalar
Table 5. Means of dry matter content (%) in sugar corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			Ortalama
	15	20	25	
Nitropower	24.96	24.47	24.73	24.72 ¹
Üre	25.75	23.53	25.30	24.86
UTEC	26.00	24.00	25.31	25.10
Ortalama	25.57	24.00	25.11	

CV (a): %3.21; CV (b): % 5.47; Gübre (A): 0.53 ns; Doz (B): 3.46 ns; A x B: 0.42 ns

ns: Önemli değil

Vega F1 şeker mısır çeşidinin ham protein oranına, azot dozlarının etkisi önemli, gübre çeşidinin ve gübre çeşidi x doz etkisi önemsiz olarak tespit edilmiştir. Azot dozlarına göre ortalama ham protein oranı %13.25-15.10 arasında değişim göstermiş, en yüksek ham protein oranı 25 kg da⁻¹ azot dozunda tespit edilmiştir. En düşük ham protein oranı 15 kg da⁻¹ azot dozunda; bu doz ile 20 kg da⁻¹ azot dozu arasında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır. Gübre çeşitlerine göre yavaş salımlı gübreden (UTEC) en yüksek protein oranı (%14.30) elde edilmiş, ancak gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olmamıştır. Genel olarak, azot dozlarının artmasıyla birlikte tüm gübre çeşitlerinde ham protein oranı da artış göstermiştir (Çizelge 6).

Şeker mısırında azot dozundaki artış, tanedeki protein oranını da arttırmaktadır (Öktem, 2007). Nitekim, en yüksek protein oranı Altıparmak (2001) ve Çelebi vd. (2010), 20 kg da⁻¹ azot dozu uygulamasında tespit etmişlerdir. Diğer taraftan Dong vd. (2016), mısırdaki kaplamalı ve nitrifikasyon inhibitörlü gübre uyguladıkları çalışmada, kaplamalı gübrelerin protein oranını %61.38-113 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Karagöz (2018), silajlık mısıra amonyum nitrat, üre, DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfat) inhibitörlü amonyum sülfat nitrat ve üreaz inhibitörlü üre uygulamasında, gübre kaynaklarının ham protein oranına etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Çizelge 6. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) ham protein oranına (%) ait ortalamalar
Table 6. Means of crude protein content (%) in sweet corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			Ortalama
	15	20	25	
Nitropower	12.74	13.28	15.16	13.73 ¹
Üre	13.66	13.85	14.66	14.06
UTEC	13.36	14.08	15.47	14.30
Ortalama	13.25 B	13.73 B	15.10 A	

CV (a): %3.48; CV (b): % 3.58; Gübre (A): 3.14 ns; Doz (B): 32.64**; A x B: 1.81 ns

¹Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark önemli değildir. ns: Önemli değil, **:P<0.01

Araştırmada Vega F1 tatlı mısır çeşidinin ham kül oranı gübre çeşitlerine ve azot dozlarına bağlı olarak önemli değişiklik göstermiştir. Gübre çeşitlerine göre en yüksek ham kül oranı yavaş salımlı gübrede (%2.56) belirlenmiş, ancak üre ile yavaş salımlı gübre aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Azot dozlarına göre ham kül oranı %2.43-2.57 arasında değişim göstermiş, azot dozlarının artmasına paralel olarak ham kül oranı da artmış, 25 kg da⁻¹ azot dozu ile 20 kg da⁻¹ azot dozu arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (Çizelge 7).

Kuru maddenin yakılmasından sonra geriye kalan ve yanmayan kısımdan oluşan ham kül, tohumun/bitkinin mineral maddesinin göstergesidir (Gençtan, 1998). Ham kül, hücrede önemli rol oynayan nükleoproteinlerin yapısındadır ve birçok olayda görev alan minerallerden oluşmaktadır (Geren, 2000). İnceer (2011), tüm mısır alt türlerinde ham kül içeriğinin olgunlaşma süresince azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı tatlı mısırın fizyolojik olgunluk döneminde (%2.12), hamur oluşum dönemine (%2.37) göre daha az ham kül içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Karaman vd. (2021), şeker mısırda farklı azot dozları uyguladıkları çalışmada, ham kül içeriğinin %2.67-2.89 arasında değişim gösterdiğini, fakat azot dozlarının ham kül içeriği üzerine etkili olmadığını bildirmişlerdir.

Vega F1 şeker mısır çeşidinin toplam çözülebilir şeker miktarı üzerine gübre çeşitleri, azot dozları ve gübre çeşidi x doz etkisi önemsiz olarak tespit edilmiştir. Ortalama toplam çözülebilir şeker miktarı gübre çeşitlerine göre 11.44-11.97 mg g⁻¹; azot dozlarına göre ise 11.42-11.97 mg g⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Gübre çeşitleri içerisinde en yüksek toplam çözülebilir şeker miktarı UTEC adlı yavaş salımlı gübrede; en düşük ise Nitropower gübresinde belirlenmiştir. Diğer taraftan azot dozlarının artmasıyla birlikte toplam çözülebilir şeker miktarı da artmıştır. En yüksek toplam çözülebilir şeker miktarı 25 kg da⁻¹ azot dozunda, en düşük ise 15 kg da⁻¹ azot dozu uygulamasında tespit edilmiştir. Her üç gübre çeşidinde de en yüksek toplam çözülebilir şeker miktarı 25 kg da⁻¹ azot dozunda, en düşük toplam çözülebilir şeker miktarı ise 15 kg da⁻¹ azot dozunda belirlenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 7. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) ham kül oranına (%) ait ortalamalar
Table 7. Means of crude ash content (%) in sweet corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar (kg da ⁻¹)			Ortalama
	15	20	25	
Nitropower	2.35	2.47	2.52	2.45 B ¹
Üre	2.46	2.51	2.56	2.51 AB
Utec	2.48	2.56	2.62	2.56 A
Ortalama	2.43 B	2.52 A	2.57 A	

CV (a): %2.3; CV (b): % 2.09; Gübre (A): 8.09*; Doz (B): 16.16**; A x B: 0.53 ns

¹Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark önemli değildir. ns: Önemli değil, *: P<0.05, **:P<0.01

Şeker mısırı, diğer mısır alt türlerine göre daha fazla şeker miktarına sahiptir. Diğer mısır türlerinde %1-3 olan toplam şeker oranı, şeker mısırda % 4-12 arasında değişim göstermektedir (Tracy, 2001). Genetik olarak su (normal, sugary), se (sugar enhance, şekeri artırılmış) ve sh2 (shrunken, süper tatlı) olmak üzere 3 farklı şeker mısırı bulunmaktadır (Welbaum, 2015). Şeker mısırında çeşitlerin şeker içeriğine genetik yapının yanında, çevresel faktörler de etkili olabilmektedir (Ledencan vd., 2008; Szymanek, 2009). Yine şeker mısırında suda çözülür kuru madde miktarı ile şeker oranı arasındaki korelasyonun olumsuz olduğu, su ve se genetik yapısına sahip çeşitlerde suda çözülür kuru madde miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Hale vd., 2005). Yine şeker mısırında hasatın gecikmesine bağlı olarak şeker miktarının azaldığı ileri sürülmüştür (Suk Soon vd., 2004).

Şeker mısırda azot uygulamasının şeker oranı üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Nitekim Wu vd., (1993) azotun şeker miktarını azalttığını, Can (2014), azot dozlarının şeker içeriğine etkisinin önemsiz olduğunu ve şeker oranının %10.6 ile %11.5 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan farklı azot dozlarının (12, 16, 20 ve 24 kg) uygulandığı çalışmada (Bhatt, 2012), en yüksek şeker içeriği 24 kg azot dozunda (15.4 °Brix) belirlenmiştir. Azapoğlu (2013), tarafından Vega F1 şeker mısırı çeşidinin kullanıldığı çalışmada, farklı azot dozlarında sakkaroz içeriğinin %31.6-33.7 arasında değiştiği belirlenmiş ve azotlu gübrelemenin ürünün kalitesini arttırdığı ileri sürülmüştür. Yine Akgün & Siyah (2015), toplam şeker miktarı üzerinde azotun önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 8. Azotlu gübre çeşidi ve dozlarının tatlı mısırında (Vega F1) toplam çözülebilir şeker miktarına (mg g⁻¹) ait ortalamalar

Table 8. Means of total soluble sugars (mg g⁻¹) in sweet corn (Vega F1) with nitrogen fertilizer types and doses

Gübreler	Dozlar(kg da ⁻¹)			Ortalama
	15	20	25	
Nitropower	10.48 b	11.91 a	11.93 a	11.44 C ¹
Üre	11.88 b	11.91 b	11.96 a	11.91 B
Utec	11.91 b	11.97 a	12.02 a	11.97 A
Ortalama	11.42 C	11.93 B	11.97 A	

CV (a): %0.22; CV (b): % 0.24; Gübre (A): 1081.77**; Doz (B): 1029.27**; A x B: 777.99**

¹Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark önemli değildir. **: P<0.01

4. Sonuç

Tatlı mısır (Vega F1) genel olarak taze tüketimde kullanıldığından kavuzsuz ve kavuzlu taze koçan verimi, pazarlama ve tüketim yönünden oldukça önemlidir. Bu nedenle kavuzsuz ve kavuzlu taze koçan verimi dikkate alındığında en yüksek değerler yavaş salımlı (Utec) gübre çeşidinde ve 20 kg da⁻¹ azot uygulamasında belirlenmiştir. Vega F1 tatlı mısır çeşidinde azotlu gübrelemenin verim artışı yanında, kaliteyi özellikleri (ham protein ve toplam çözülebilir şeker miktarı gibi) üzerinde de olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Akgün, İ., Karaman, R., & Şener, A. (2021). Şeker mısırında farklı organik materyal ve azot uygulamalarının koçan verimi ve bazı agronomik özellikler üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(3), 365-375.
- Akgün, İ., & Siyah, C. (2015). Effects of Bio-fertilizer (Azotobacter, Mycorrhiza, Bacillus) and Different Nitrogen Levels on Fresh Ear Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Proceeding of the 7th Congress on Plant Protection*. November 24-28, Zlatibor, Serbia. 195-199.
- Akhlaghi, K. (2008). Formulation and Manufacture of Suitable Sealants for Use in the Process of Producing Sulfur-coated Urea Fertilizer. The First Iran Petrochemical Conference.
- Alp, R. (2000). *Şeker Mısırda Azot ve Potasyumun Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Altıparmak, S. (2001). *Şeker Mısırda Farklı Azot Dozlarının Verim ve Verim Öğeleri Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim (2023a). May Tohum, <https://www.may.com.tr/urunler/c6e386c5-7be4-4ed9-87da-f711401676e0?subTabMenuId=f5be915d-43fe-4c42-b773-8a09ecfcb23d>. (Son erişim tarihi: 07 Temmuz 2023)
- Anonim (2023b). Gübretaş. <https://www.gubretas.com.tr/ure-ve-amonyak-azotu-iceren-yeni-gubre-nitropower-33>. (Son erişim tarihi: 10 Temmuz 2023).

- Anonim (2023c), Gemlik Gübre, <http://www.gemligubre.com.tr/Product-48-ure-46-n.html>. (Son erişim tarihi: 10 Temmuz 2023).
- Anonim (2023d), Toros Gübre, <https://www.toros.com.tr/documents/TARIMSAL/%C3%9C%C3%BCnler/Bitki%20Besleme/Klasik%20G%C3%BCbre/Anlat%20C4%B1m/U%CC%88re.pdf>. (Son erişim tarihi: 12 Temmuz 2023).
- Atakul, Ş. (2011). *Diyarbakır Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Beş Şeker Mısırı (Zea mays L. saccharata Sturt.) Çeşidinde Taze Koçan ve Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özelliklere Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Azapoglu, Ö. (2013). *Şeker Mısırında (Zea mays saccharata Sturt.) Azot ve Fosforun Tokat-Kazova Koşullarında Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bhatt, P. S. (2012). Response of sweet corn hybrid to varying plant densities and nitrogen levels. *African Journal of Agricultural Research*, 7(46), 6158- 6166.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Plant nutrients: sources, functions, deficiencies and redundancy. *Barın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Bremner, J. M. (1965). Total Nitrogen. In *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (pp.1149-1178)
- Burcu, Y., & Akgün, İ. (2018). Effects of plant density and different sowing dates on fresh ear yield and quality characters of sweet corn (*Zea mays saccharata Sturt.*) grown under Isparta conditions. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 679-684.
- Can, M. (2014). *Uşak Ekolojik Şartlarında Farklı Azot Dozlarının Şeker Mısırın (Zea mays saccharata Sturt.) Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Can, M., & Akman, Z. (2014). Uşak ekolojik şartlarında farklı azot dozlarının şeker mısırın (*Zea mays saccharata Sturt.*) verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 93-101.
- Cassman, K. G., Dobermann, A., & Walters, D. T. (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Journal of the Human Environment*, 31(2), 132-140.
- Çelebi, R., Çelen, A. E., Çelebi, Ş. Z., & Şahar, A.K. (2010). TTM-815 mısır (*Zea mays L.*) çeşidinde azotlu gübre form ve dozlarının silaj verimine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1), 61-69
- Çokkızgın, A., & Çölkesen, M. (2006). Kahramanmaraş koşullarında azotlu gübrenin makarnalık buğdayda (*Triticum durum Desf.*) verim ve verim unsurlarına etkisi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1), 92-103.
- Dong, Y. J., He, M. R., Wang, Z. L., Chen, W. F., Hou, J., Qiu, X. K., & Zhang, J. W. (2016). Effects of new coated release fertilizer on the growth of maize. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3), 637-649.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F., (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Eşiyok, D., & Bozokalfa, M. K. (2005). Ekim ve dikim zamanlarının tatlı mısırdaki (*Zea mays L. var. saccharata*) verim ve koçanın bazı agronomik karakterleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 35-46.
- FAO (2023). The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- Gençtan, T. (1998). *Tarımsal Ekoloji*. Tekirdağ, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yayınları.
- Geren, H. (2000). *Ana ve İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Silajlık Mısır (Zea mays L.) Çeşitlerinde Ekim Zamanlarının Hasıl Verimleri ile Silaja İlişkin Tarımsal Özelliklere Etkisi Üzerinde Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hale, T. A., Hassell, R. L., Phillips, T., & Halpin, E. (2005). Taste panel perception of sweetness and sweetness acceptability compared to high pressure liquid chromatography analysis of sucrose and total sugars among three phenotypes (su, se, and sh2) at varying maturities of fresh sweet corn. *Horttechnology*, 15(2), 313-317.
- Irshad, M., Eneji, A. E., Hussain, Z., & Ashraf, M. (2013). Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(1), 115- 121.
- İnceer, N. E. (2011). *Mısır Bulgurunun Bazı Besinsel ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Farklı Olum Devrelerinin ve Bazı Mısır Varyetelerinin Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Bitki Analizleri (2. Baskı)*. Ankara, Nobel Yayınları.
- Karagöz, Ş. M. (2018). *Farklı Azotlu Gübre ve Dozlarının Silajlık Mısırın Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaman, R., Akgün, İ., & Türkay, C. (2021). Effect of Different Harvest Periods and Nitrogen Doses on the Yield and Quality Properties in Sweet Corn. *III. Balkan Agriculture Congress*. 29 August - 1 September, Edirne, 903-914
- Keerthi, P., Prabhakara Reddy, G., & Sunitha, N. (2017). Effect of sowing date on growth and yield of sweet corn cultivars. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 777-782.
- Khavah, M. T., Alahdadi, I., & Hoseinzadeh, B. E. (2015). Effect of slow-release nitrogen fertilizer on morphologic traits of corn (*Zea mays L.*). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(2), 546-559.
- Laksono, R. A., Saputro, N. W., & Syafi'i, M. (2018). Respon pertumbuhan dan hasil beberapa varietas jagung manis (*Zea mays saccharata Sturt. L*) akibat takaran bokashi pada sistem Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di kabupaten Karawang. *Kultivasi*, 17(1), 608-616.
- Ledencan, T., Sudar, R., Simic, D., Zdunic, Z., & Brkic, A. (2008). Effects of the agroecological factors on sweet corn quality. *Cereal Research Communications*, 36, 1411-1414.
- Oladejo, J., & Adetunji, M. (2012). Economic analysis of maize (*Zea mays L.*) production in Oyo state of Nigeria. *Agricultural Science Research Journals*, 2(2), 77-83.
- Öktem, A. (2007). Effect of nitrogen on fresh ear yield, protein content and micronutrient concentration of sweet corn. *Philippine Agricultural Scientist*, 90(4), 289-294.
- Öktem, A., Öktem, A. G., & Emeklier, H. Y. (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(7), 832-847.
- Özata, E. (2013). *Şeker Mısırdaki (Zea mays saccharata Sturt.) Ekim Sıklığı ve Azot Dozlarının Taze Koçan Verimi ile Verim Ögeleri Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özerkişi, E. (2016) *Tekirdağ Koşullarında Farklı Sıra Üzeri Mesafelerin Bazı Şeker Mısırı (Zea mays L. saccharata Sturt.) Çeşitlerinde Taze Koçan Verimi ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Presterl, T., Seitz, G., Landbeck, M., Thiemt, E. M., & Geiger, H. H. (2003). Improving nitrogen-use efficiency in european maize. *Crop Science*, 43, 1259-1265.
- Roeswitawati, D., Arman, M. D. P., & Sukorini, H. (2021). Utilization of peanut shell waste and bio-slurry as organic fertilizer for sweet corn (*Zea mays L. saccharata*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 759(1), 012047.
- Sade, B. (2002). Corn Agriculture. *Konya Commodity Exchange Pub.*, (1).
- Sevov, A. (2017). Quality parameters of sweet corn grain. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 9(21), 65-70.
- Suk Soon, L., Lee, S. S., SangHee, Y., Yun, S.H., Seo, J.M., & JungMoon, S. S. (2004). Optimum harvest time for high quality seed production of sweet and super sweet corn hybrids. *Korean Journal of Crop Science*, 49(5), 373-380.
- Szymanek, M. (2009). Influence of sweet corn harvest date on kernels quality. *Research in Agricultural Engineering*, 55(1), 10-17.
- Taşdan, K. (2021). Corn Agriculture. Institute of Agricultural Economics and Policy Development, Corn Situation and Forecast; TEPGE Publishing 347; Ankara, Turkey.
- Tracy, W. F. (2001). *Sweet Corn in Speciality Corns*. CRC Press, Boca Raton.
- Tsai, C. Y., Huber, D. M., Glover, D. V., & Warren, H. L. (1984). Relationships of N deposition to grain yield and N response of three maize hybrids. *Crop Science*, 24, 277-281.
- Tuncay, Ö., Bozokalfa, M. K., & Eşiyok, D. (2005). Ana ürün ve ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı tatlı mısır çeşitlerinde koçanın agronomik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 79-91.
- Uslu, Ö. S. (1999). *Farklı Azot Dozlarının Kahramanmaraş Şartlarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (Zea mays L.) Bitkisinde Büyüme ve Fizyoloji Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Welbaum, G. E. (2015). Family Poaceae. In *Vegetable production and practices*. (pp. 248-266)

- Wu, P., Dai, Q., & Tao, Q. (1993). Effect of fertilizer rates on the growth, yield, and kernel composition of sweet corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24(3-4), 237-253.
- Yılmaz, M. F. (2005). *Kahramanmaraş Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisinde Farklı Sıra Üzeri Mesafeler ve Azot Dozlarının Verim ve Verim Unsurları ile Tohum Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yürürdurmaz, C., & Tansı, V. (2021). Kahramanmaraş koşullarında farklı gübre dozlarının değişik mısır çeşitlerine etkisinin saptanması. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 11, 57-66.



Analysis of MHD Richardson Flow Past An Exponentially Stretched Infinite Plate with Suction and Cross-Diffusion Effects

Uchenna Awucha UKA^{1*}, Promise MEBINE², Samson Ademola AGUNBIADE¹

¹Babcock University, School of Science and Technology, Department of Basic Sciences-Ogun State-Nigeria

²Niger Delta University, Department of Mathematics-Wilberforce Island-Bayelsa State-Nigeria

*Corresponding Author: ukau@babcock.edu.ng

ARTICLE INFO

Received: 06/09/2023

Accepted: 09/11/2023

Keywords: Energy flux, Mass diffusion, Nanofluidic, Wolfram Mathematica

DOI: 10.55979/tjse.1356407

ABSTRACT

The present paper investigate the effects of magnetic field (MHD), Richardson and suction on an exponentially expanded infinite plate by studying the convective heat and mass transfer of a non-Newtonian incompressible viscous and electrically conducting fluid. Cross-diffusion impacts are also taken into consideration. The governing partial differential equations (PDEs) are transformed into ordinary differential equations through the application of well-posed similarity transformation variables (STVs). Thus, the transformed dimensionless equations are solved analytically by integrating factor approach and the resulting solutions are simulated with an efficient stability numerical algorithm known as Mathematica. The results are displayed in tabular and graphical forms while the effects of various parameters on the velocity, temperature, concentration, skin-friction coefficient, Nusselt and Sherwood numbers are discussed in details. It was found that velocity falls when magnetic field and suction parameters increase. Also, the temperature and nanoparticle concentration decreases as suction number rises but are enhanced as diffusion-thermo and thermal-diffusivity parameters rise. An increase in Richardson and Prandtl numbers leads to a decrease in skin-friction and upsurge in the rate of heat transportation. The results of this study can be used to advance the design, operation, and performance of various systems encountered in industrial and scientific applications.

MHD Richardson Akışının Emiş ve Çapraz Difüzyon Etkileri ile Üstel Olarak Gerilmiş Sonsuz Bir Plakadan Geçmesinin Analizi

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 06/09/2023

Kabul tarihi: 09/11/2023

Anahtar Kelimeler: Enerji akısı, Kütle difüzyonu, Nanoakışkan, Wolfram Mathematica

DOI: 10.55979/tjse.1356407

ÖZET

Bu makale, Newtonyen olmayan sıkıştırılmaz viskoz ve elektriksel olarak iletken bir akışkanın konvektif ısı ve kütle transferini inceleyerek, manyetik alanın (MHD), Richardson ve emmenin üstel olarak genişleyen sonsuz bir plaka üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Çapraz difüzyon etkileri de dikkate alınır. Geçerli kısmi diferansiyel denklemler (PDE'ler), iyi konumlanmış benzerlik dönüşüm değişkenlerinin (STV'ler) uygulanması yoluyla sıradan diferansiyel denklemlere dönüştürülür. Böylece, dönüştürülen boyutsuz denklemler, entegre faktör yaklaşımıyla analitik olarak çözülmekte ve elde edilen çözümler, Mathematica olarak bilinen etkin kararlılık sayısal algoritmasıyla simüle edilmektedir. Sonuçlar tablo ve grafik formlarında gösterilirken, çeşitli parametrelerin hız, sıcaklık, konsantrasyon, yüzey sürtünme katsayısı, Nusselt ve Sherwood sayıları üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Manyetik alan ve emme parametreleri arttıkça hızın düştüğü bulunmuştur. Ayrıca emme sayısı arttıkça sıcaklık ve nanopartikül konsantrasyonu azalır, ancak difüzyon termo ve termal yayılma parametreleri yükseldikçe artar. Richardson ve Prandtl sayılarındaki artış, cilt sürtünmesinin azalmasına ve ısı aktarım hızının artmasına neden olur. Bu çalışmanın sonuçları, endüstriyel ve bilimsel uygulamalarda karşılaşılan çeşitli sistemlerin tasarımını, işletimini ve performansını geliştirmek için kullanılabilir.

1. Introduction

Fluid flows exposed to magnetic fields and buoyancy impacts contribute a noteworthy performance in several industrial and engineering applications such as in the heat exchangers, chemical processes, and materials processing. The comprehension and control of such flows are vital for improving the proficiency and optimizing system

performance. Efforts geared towards the exploration of the performance of magnetohydrodynamic (MHD) mixed convection flows, which involves the combined effects of forced and natural convections, as well as magnetic fields shows an increasing trajectory. In MHD mixed convection flows, two substantial physical phenomena namely, cross-diffusion and suction effects perform fundamental roles. The phenomena were diverse species within a fluid display

variable diffusion coefficient, which leads to disparities in concentration profiles and transport properties is termed Cross-diffusion. Meanwhile, suction encompasses the local exclusion of fluid from specific areas in a system, ensuing in modifications to flow configurations and overall fluid behavior. Thus, the scientific significance of suction in fluid dynamics is noteworthy. Firstly, by controlling the suction, scientists and engineers can handle the flow velocity, temperature, and nanoparticle (specie) concentrations in various applications. For example, in cooling systems, the adjustment of suction can aid in regulating fluid velocities and temperatures thereby ensuring optimal cooling efficiency. Secondly, in nanoparticle dispersion processes, the controlling of suction allows for precise control over nanoparticle concentrations in any desired region in a given system. Hence, understanding the impacts of suction will facilitates the configuration and increase in efficiency of fluid flow systems in numerous fields, such as engineering, environmental sciences, and nanotechnology.

The augmentation of heating or cooling is an important aspect in the industrial processes. This is because of its support and contribution in energy saving and optimal performance efficacy of industrial machineries such as, gas turbines. Similarly, some systems are also affected through thermal enrichment processes, thus, the designing, expansion and improvement of high performance thermal transferal systems become necessary. Thus, the introduction of new forms of heat transmission fluidics such as nanofluid becomes very vital. Meanwhile, nanofluidics occurs in form of single and multi-phase fluids. They're composite of convectional fluids existing as H_2O , engine oil, EGC etc., with finely divided and suspended particles of metals and their oxides (nanoparticles) with sizes less than 100 nanometer (nm). However, nanoparticles exist in two forms, namely: soft and hard forms. It can also appear as nanotubes, nanochips, CNTs etc. Interestingly, Bhattacharyya (2012), examined the characteristics of steady flow and reacting mass transmission over an exponentially elastic plate in a moving fluid. He applied the fourth-order Runge-Kutta and shooting methods in his solution approach. His findings revealed that a rise in Schmidt and reaction rate parameters leads to an increase in mass transport. Liu et al. (2013), have explored three dimensional (3D) boundary wall layer flow and thermal transference of viscous stream over an exponentially expanding sheet. They employed the Ackroyd technique and Runge-Kutta integration scheme in solving their converted equations. Their result opined that thermal transferal characteristics are dependent on the temperature exponent, expanding and Prandtl factors. Several scholars (Nadem et al., 2014), Bhattacharyya & Layele (2014), Mukhopadhyay et al. (2014), Ene & Marinca (2015) have investigated various facet of nanofluidic flow past exponentially extending surface under different constraints. Meanwhile, Das (2012), studied the dual impact of mixed thermophoresis and chemical reaction on MHD micropolar stream for varying fluid properties. The analysis of micropolar fluidic flow and thermal transferal past a lessening plate was conducted by Turkyilmazoglu (2014). His result showed that the

existence of physical structures of micro-rotation and energy profiles appeared either in unique or many forms. The MHD influence on boundary flow with absorbent material over an exponentially contracting surface and slip was examined by Jain & Choudhary (2015). By utilizing the Runge-Kutta and shooting schemes, they noted that the shear stress augments while the velocity and temperature lessens as slip number improves. Similarly, Fauzi et al. (2012), analyzed the mixed convective flow of nanofluids with a leaky upright cone. They obtained twofold solutions for some values of mixed convective factor by adopting the shooting procedure. The examination of thermal transference in mixed convection stream of nanoliquids past a parallel circular cylinder was studied by Rabeti (2014). He maintained that the immersed nanoparticles in the convectional fluid increase the thermal distribution from the cylinder when the non-free convection heat circulation is the leading regime of such thermal transport. Several scientists such as Ali & Al-Yousef (2004), Dandapat et al. (2004), Abo-Eldehas & Abd El-Aziz (2005), Abd El-Aziz & Salem (2007), have explored on heat and mass transportation of a steady stream with a half-infinite fluid layer being controlled by an unceasing expanding plate.

The effect of cross-diffusion and suction on MHD mixed convection flows has fascinated substantial interest owing to their prospect, to meaningfully modify flow characteristics, thermal transmission rates and general system optimal efficiency. Even with their practical significance, an in-depth comprehension of their combined impacts on MHD fluid flow remains incomplete. Lately, Abd El-Aziz (2009, 2010), stretched the work of Elbasheshy & Bazid (2004), by considering heat radiation, Hall currents and chemical reactivity under bounded time-dependent conditions. They opined that the heat transfer proportion was enhanced as radiation and Prandtl numbers rises. Similarly, Bachok et al. (2011), investigated the similarity resolution of unsteady wall flow and heat conveyance due to a stretching plate. The scrutiny of Soret dissipation effect on heat and mass transfer involving non-newtonian radiative nanofluid flow due to Lorentz drag and Rosseland radiation was reported by Awucha & Okechukwu (2022). They applied the series approximation method in obtaining the analytical result and utilized the Mathematica software in realizing the numerical solutions. According to their finding, increasing the Casson number begets a reduction in velocity and an increase in temperature.

The originality of this study lies in its holistic approach to investigating a complex fluid flow problem. While there are existing studies on MHD flows past various types of plates and surfaces, few combined the Dufour, exponential stretching, suction, and Richardson effects into a single analysis. Thus, by taking all the aforementioned phenomena into consideration in this present study, this research bridges the gaps in the knowledge and provides a more accurate representation of real-world scenarios, making it highly relevant to practical applications in engineering, physics, and environmental science. The insights gained from this study can lead to the development

of more efficient systems and processes in industries where MHD flows and diffusion effects play a critical and advance role. The current status of the study in the literature provides a brief review of related literature, highlighting previous research on MHD flows past different types of surfaces and plates. Some of the referenced studies explored factors such as temperature gradients, chemical reactions, and nanoparticle dispersion in various flow configurations. The present study identifies a gap in the literature concerning the combined effects of Dufour, cross-diffusion (Richardson), and suction on MHD convective flows. Despite the practical relevance of these phenomena, a comprehensive understanding of their combined impacts remains incomplete. Hence, the primary goal of this study is to develop a mathematical model that analyzes the interplay of physical parameters between Dufour, Richardson, and suction effects on MHD convection flows. The governing models include continuity, conservation, energy transport, and concentration equations. These models will be explored using numerical and computational techniques to gain insights into the flow behavior and heat transportation. The study aims to contribute to the advancement of fundamental knowledge in the field of MHD mixed convection control and provide insights for the designing and optimization of systems involving fluid flows subjected to magnetic fields, buoyancy effects, and controlled mechanisms, thereby enhancing energy efficiency and heat transfer rates. The findings of this study could also have implications in various fields, such as engineering, environmental science, nanotechnology, and biology. The breakdown of the current developments in the literature is as follows:

Significance of MHD and Buoyancy Effects: The text highlights the significance of fluid flows exposed to magnetic fields and buoyancy impacts in various industrial applications, such as heat exchangers, chemical processes, and materials processing. This emphasizes the importance of understanding and controlling these flows for optimizing system performance.

MHD Mixed Convection Flows: The literature has seen an increasing interest in the exploration of magnetohydrodynamic (MHD) mixed convection flows. These flows involve the combined effects of forced and natural convections, as well as magnetic fields. Researchers are recognizing the practical relevance of these flows and their potential to enhance system efficiency.

Role of Cross-Diffusion and Suction: In MHD mixed convection flows, two fundamental physical phenomena, namely cross-diffusion and suction effects, play significant roles. Cross-diffusion involves diverse species within a fluid with variable diffusion coefficients, leading to variations in concentration profiles and transport properties. Suction, on the other hand, involves the local exclusion of fluid from specific areas in a system, leading to modifications in flow configurations.

Applications of Suction: Suction is highlighted as a valuable tool for controlling flow velocity, temperature,

and nanoparticle concentrations in various applications. For instance, it can optimize cooling efficiency in cooling systems and enable precise control over nanoparticle concentrations in processes like nanofluid dispersion. This study provides an in-depth comprehension of the principles of suction due to its importance in the designing and optimization of proficient systems such as pumps, turbines, and ventilation systems. In biological systems, the principle of suction remains vital for processes such as respiration, feeding, and circulation. Furthermore, it is engaged in medical applications like wound healing, drug delivery, and blood collection. In addition, the mixed convection plays an integral role in different applications such as in the designing of heat exchangers, cooling systems for electronic devices, and thermal management for industrial processes. It also has implications in environmental phenomena, such as the dispersion of pollutants in the atmosphere and the movement of heat and mass in natural water bodies. However, the current deficiencies in the literature include:

Limited Understanding of Combined Effects: Despite the growing interest in MHD mixed convection flows, the text highlights that there is still an incomplete understanding of the combined impacts of cross-diffusion and suction on these flows. This is a gap in the literature that needs to be addressed.

Scope of Previous Research: Previous studies have primarily focused on individual aspects of fluid flow and heat transfer, such as radiation, chemical reactivity, or nanoparticle dispersion. However, there is a lack of comprehensive research that considers the combined effects of cross-diffusion, suction, and other factors in MHD flows.

Unexplored Interactions: The text emphasizes that the interactions between Richardson flow, cross-diffusion, and suction effects in MHD mixed convection flows have not been thoroughly explored. These interactions have the potential to significantly modify flow characteristics and thermal transmission rates.

Proposed Study's Contributions: The proposed study aims to bridge the existing gaps in the literature by developing a mathematical model that accounts for the interplay of physical parameters related to Richardson flow, cross-diffusion, and suction effects in MHD mixed convection flows. By conducting a detailed analysis using numerical and computational techniques, the study intends to provide insights into flow behavior and heat transfer under the influence of Dufour, Soret, and suction parameters.

2. Materials and Method

2.1. Mathematical formulation

A steady, laminar and incompressible mixed convection flow of an electrically conducting nanofluidic due to heat and mass transmission past a partially infinite plate imbedded in a fluid is considered. It is assumed that the flow is in vertical direction along the plate in x - axis and normal in the y -axis. The plate is kept at temperature $T_s(x)$ and concentration $C_s(x)$ with baseline temperature and concentration expressed as $T_\infty(x)$ and $C_\infty(x)$ respectively. However, the physical geometry of the model is depicted in Figure 1.

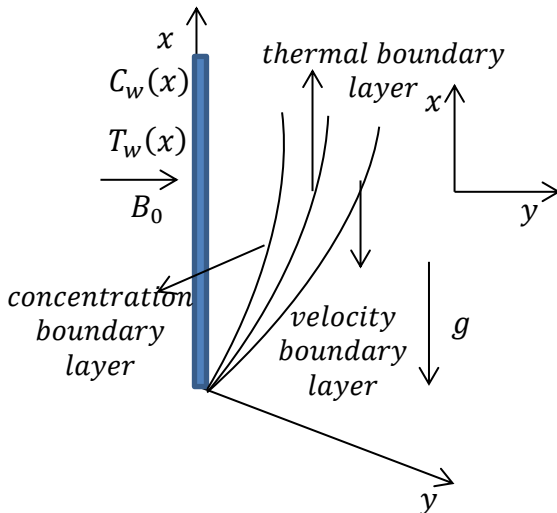


Figure 1. Schematic flow representation

In view of the aforementioned conditions and under the Boussinesq's approximations (1877), the governing boundary layer models are presented below:

2.1.1. Continuity equation

$$\frac{\partial v'}{\partial y'} = 0 \quad (1)$$

2.2.1. Momentum conservation equation

$$\frac{\partial p'}{\partial x'} + u \frac{\partial u'}{\partial x'} + v \frac{\partial u'}{\partial y'} = v \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} + \frac{g\lambda^*(T-T_\infty)}{Re_x^2} - \frac{\sigma B_0^2 u'}{\rho} \quad (2)$$

2.3.1. Energy conservation equation

$$\frac{\partial T'}{\partial x'} + v \frac{\partial T'}{\partial y'} = \frac{1}{\rho c_p} \frac{\partial}{\partial y'} \left(k \frac{\partial T'}{\partial y'} \right) + \dots$$

$$\frac{DK_T}{c_s c_p} [(C_s - C_\infty)\theta(\eta)] - \frac{k}{\rho c_p} \frac{\partial q_r}{\partial y'} \quad (3)$$

2.3.1. Mass concentration equation

$$u \frac{\partial C'}{\partial x'} + v \frac{\partial C'}{\partial y'} = D \frac{\partial^2 C'}{\partial y'^2} + \frac{DK_C}{T_\mu} (T - T_\infty)\theta(\eta) \quad (4)$$

Under the following boundary constraints

$$\text{at } y = 0; u(x) = U, v = -V(x), T = T_s, C = C_s \quad (5)$$

$$\text{as } y \rightarrow \infty, u \rightarrow 0, T \rightarrow T_\infty, C \rightarrow C_\infty \quad (6)$$

The suction velocity normal to the sheet is given as

$$v = -V(x) \quad (7)$$

where the components of velocities in both x and y directions are represented by u and v , ν is the kinematic viscosity, p = fluid pressure,

k = thermal conductance of fluid, q_r = heat flux radiation, C_p = specific heat at constant pressure, D = mass diffusivity coefficient, g = acceleration due to gravity, Re_x = local Reynolds number dependent on the sheet velocity, λ^* = characteristic length, ρ = fluid density, σ = electrical conductance,

k_T = proportion of thermal diffusivity,

K_c = mass diffusivity proportion, the negative sign specifies that the suction velocity is in the direction of the plate. According the Rosseland estimation (1936) in terms of q_r , we have

$$q_r = -\frac{4\sigma^* \partial T'^4}{3k^* \partial y'} \quad (8)$$

where σ^* representing the Stefan-Boltzman term expressing the relationship between the thermal radiation emitted by the sheet,

T = absolute temperature and k^* = mean absorption estimation. Under the condition that the temperature gradient surrounded by the flow exist in such a way that T'^4 can be stated as a linear grouping and with the aid of Taylor series by expanding T'^4 at T_∞ , we got

$$T'^4 = T_\infty'^4 + 4T_\infty'^3(T' - T_\infty') + 6T_\infty'^2(T' - T_\infty')^2 + \dots \quad (9)$$

By excluding terms of greater orders that are higher than the first degree in $(T' - T_\infty')$, we have

$$T'^4 = -3T_\infty'^4 + 4T_\infty'^3 T' \quad (10)$$

Taking the derivative of Eq. (8) with respect to y' and using Eq. (10) produces

$$\frac{\partial q_r}{\partial y'} = -\frac{16T_\infty'^3 \sigma^* \partial^2 T'}{3k^* \partial y'^2} \quad (11)$$

Putting Eq. (11) into Eq. (3) leads to

$$u \frac{\partial T'}{\partial x'} + v \frac{\partial T'}{\partial y'} = \frac{1}{\rho c_p} \frac{\partial}{\partial y'} \left(k \frac{\partial T'}{\partial y'} \right) + \frac{DK_T}{c_s c_p} [(C_s - C_\infty)\theta(\eta)] - \frac{16T_\infty'^3 \sigma^* \partial^2 T'}{3k^* \partial y'^2} \quad (12)$$

Introducing the stream functions, $u = \frac{\partial \psi}{\partial y}$ and

$v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ into Eq. (1) shows that it is satisfied. Since the pressure is a constant, we have

$$\frac{\partial p'}{\partial x'} = 0 \quad (13)$$

In order to transform Eq. (2), (4) and (16) into a coupled ordinary differential equations, the following relevant transformation variables are defined accordingly as

$$\eta = y \sqrt{\frac{U_0}{2\nu L}} e^{\frac{x}{2L}} \quad (14)$$

$$u = U_0 e^{\frac{x}{2L}} \frac{df}{d\eta} \quad (14)$$

$$v = -\sqrt{\frac{vU_0}{2L}} e^{\frac{x}{2L}} \left[\left(f(\eta) + \eta \frac{df}{d\eta} \right) \right]$$

$$T = T_\infty + T_0 e^{\frac{x}{2L}} \theta(\eta)$$

Putting Eq. (14) into Eq. (2), (4), (16) and simplifying produces

$$\frac{d^3 f}{d\eta^3} + f(\eta) \frac{d^2 f}{d\eta^2} + \gamma \theta(\eta) - M \frac{df}{d\eta} = 0 \tag{15}$$

$$(1 + S) \frac{d^2 \theta}{d\eta^2} + Pr f(\eta) \frac{d\theta}{d\eta} + D_f \theta(\eta) = 0 \tag{16}$$

$$\frac{d^2 \phi}{d\eta^2} + Sc f(\eta) \frac{d\phi}{d\eta} + S_t \theta(\eta) = 0 \tag{17}$$

Subject to the following boundary expressions.

$$\text{at } \eta = 0: f = m_0, f' = 1, \theta = 1, \phi = 1 \tag{18}$$

$$\text{as } \eta \rightarrow \infty: f' \rightarrow 0, \theta \rightarrow 0, \phi \rightarrow 0 \tag{19}$$

where, $M = \frac{2\sigma B_0^2 l}{\rho U_w}, \gamma = \frac{Gt}{Re_x^2}, Gt = \frac{g\lambda(T_s - T_\infty)l}{v^2}, Re_x = \frac{U_w l}{v},$

$Pr = \frac{v}{\alpha}, D_f = \frac{Dk_t}{c_s c_p} \left(\frac{c_s - c_\infty}{(T_s - T_\infty)} \right), S = \frac{16\sigma^* T_\infty^3}{3k^* k}, Sc = \frac{v}{D}$ and

$$S_t = \frac{Dk_c}{T_\mu} \left(\frac{T_s - T}{c_s - c_\infty} \right)$$

refers to magnetic strength, mixed (Richardson) convective, local Reynolds, Prandtl, Dufour, radiation, Schmidt and Soret parameters respectively. However, $m_0 = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{vU_0}{2L}}} > 0$ and $m_0 = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{vU_0}{2L}}} < 0$ is indicative of the suction and blowing numbers.

However, the current research was solved analytically by deploying the improved series approximation technique in order to realize the solutions. The steps involve:

It refers to a mathematical method used in finding the approximate solutions for differential equations with a small parameter, denoted by δ . This technique is mainly useful when a given ODE is coupled, complex in nature and cannot be solved directly.

1. The ODE involving a small parameter δ , is written.
2. The solution is assumed in such a way that it can be stated as a sum of an infinite power series such as: $y(\eta) = f_0(\eta) + \delta f_1(\eta) + \delta^2 f_2(\eta) + \dots$ were $f_0(\eta), f_1(\eta), f_2(\eta),$ etc., are to be found.
3. The assumed solution are used in the original ODE and coefficients of various powers of δ equated.
4. The resulting equations are solved in order to find the expressions for the unknown functions.
5. The obtained values of $f_0(\eta), f_1(\eta), f_2(\eta),$ etc., are substituted into the assumed solution given in the second step above so as to determine the approximate solution, $f(\eta)$.
6. The constants of integration that are present in the solutions already obtained are found by applying the initial

or boundary conditions. Thus, the obtained solutions are iterated through simulation with a suitable numerical software.

In accordance with Bestman (1990), the following definitions are utilized to solve Eq. (2), (4) and (16) meaningfully.

$$\eta = \xi m_0, f(\eta) = m_0 F(\eta), \theta(\eta) = w(\eta), \tag{20}$$

$$\phi(\eta) = Z(\eta), \omega = \frac{1}{m_0^2}$$

Utilizing Eq. (22) and its differentials into Eq. (15)-(21) and simplifying gives

$$\frac{d^3 f}{d\eta^3} (m_0)^4 + f(\eta) \frac{d^2 f}{d\eta^2} (m_0)^4 + \gamma \theta(\eta) - M \frac{df}{d\eta} (m_0)^2 = 0 \tag{21}$$

$$(1 + S) \frac{d^2 Z}{d\eta^2} (m_0)^2 + Pr f(\eta) \frac{dZ}{d\eta} (m_0)^2 + D_f Z(\eta) = 0 \tag{22}$$

$$\frac{d^2 W}{d\eta^2} (m_0)^2 + Sc f(\eta) \frac{dW}{d\eta} (m_0)^2 + S_t Z(\eta) = 0 \tag{23}$$

$$\eta = 0: f = 1, f' = \omega, Z = 1, W = 1 \tag{24}$$

$$\eta \rightarrow \infty: f' \rightarrow 0, Z \rightarrow 0, W \rightarrow 0 \tag{25}$$

By multiplying equations (21) by $\frac{1}{(m_0)^4}$, (22) and (23) by $\frac{1}{(m_0)^2}$, we have the following equations.

$$\frac{d^3 f}{d\eta^3} + f(\eta) \frac{d^2 f}{d\eta^2} + \gamma Z(\eta) \omega^2 - M \frac{df}{d\eta} \omega = 0 \tag{26}$$

$$(1 + S) \frac{d^2 Z}{d\eta^2} + Pr f(\eta) \frac{dZ}{d\eta} + D_f Z(\eta) \omega = 0 \tag{27}$$

$$\frac{d^2 W}{d\eta^2} + Sc f(\eta) \frac{dW}{d\eta} + S_t Z(\eta) \omega = 0 \tag{28}$$

$$\eta = 0: f = 1, f' = \omega, Z = 1, W = 1 \tag{29}$$

$$\eta \rightarrow \infty: f' \rightarrow 0, Z \rightarrow 0, W \rightarrow 0 \tag{30}$$

As a result of the case of suction, $\omega \ll 1$, the solution of Eq. (26) - (28) is assumed as follows:

$$f(\eta) = 1 + \sum_{j=k=1}^{\infty} \omega^j f_k(\eta) + O(\omega)^3 + \dots \tag{31a}$$

$$w(\eta) = \sum_{j=k=1}^{\infty} \omega^j Z_k(\eta) + O(\omega)^2 + \dots \tag{31b}$$

$$z(\eta) = \sum_{j=k=1}^{\infty} \omega^j W_k(\eta) + O(\omega)^2 + \dots \tag{31c}$$

Differentiating $f(\eta)$ thrice while $w(\eta)$ and $s(\eta)$ are differentiated twice with respect to η , yields the following equations.

$$f'(\eta) = \omega f_1' + \omega^2 f_2' + \dots$$

$$f''(\eta) = \omega f_1'' + \omega^2 f_2'' + \dots$$

$$f'''(\eta) = \omega f_1''' + \omega^2 f_2''' + \dots$$

$$Z' = Z_0' + \omega Z_1' + \dots \tag{32}$$

$$Z'' = Z_0'' + \omega Z_1'' + \dots$$

$$W' = W_0' + \omega W_1' + \dots$$

$$W'' = W_0'' + \omega W_1'' + \dots$$

Putting Eq. (31a, 31b and 31c) and (32) into Eq. (26)-(28) and equating the coefficients of same degrees in zeroth, unity and binary orders in ω^j and further simplification of Eq. (29)-(30) produces the following equations.

Zeroth Order

$$(1 + S) \frac{d^2 Z_0}{d\eta^2} + Pr \frac{dZ_0}{d\eta} = 0; Z_0(0) = 1, \tag{33}$$

$$Z_0(\infty) = 0$$

$$\frac{d^2 W_0}{d\eta^2} + Sc \frac{dW_0}{d\eta} = 0; W_0(0) = 1, W_0(\infty) = 0 \tag{34}$$

Order of Unity

$$\frac{d^3 f_1}{d\eta^3} + \frac{d^2 f_1}{d\eta^2} = 0; f_1(0) = 0, f_1'(0) = 1, f_1'(\infty) = 0 \tag{35}$$

$$(1 + S) \frac{d^2 Z_1}{d\eta^2} + Pr \frac{dZ_1}{d\eta} + Pr f_1(\eta) \frac{dZ_0}{d\eta} + D_f Z_0(\eta) = 0; Z_1(0) = 0, Z_1(\infty) = 0 \tag{36}$$

$$\frac{d^2 W_1}{d\eta^2} + Sc \frac{dW_1}{d\eta} + Sc f_1(\eta) \frac{dW_0}{d\eta} + S_t Z_0(\eta) = 0; W_1(0) = 0, W_1(\infty) = 0 \tag{37}$$

Binary Order

$$\frac{d^3 f_2}{d\eta^3} + \frac{d^2 f_2}{d\eta^2} + f_1(\eta) \frac{d^2 f_1}{d\eta^2} + \gamma Z_0(\eta) - M \frac{df_1}{d\eta} = 0; f_2(0) = 0, f_2'(0) = 0, f_2'(\infty) = 0 \tag{38}$$

Solving the coupled systems of Eq. (33)-(38) with the application of their respective boundary conditions yields the following analytical solutions.

$$f_1(\eta) = 1 - \exp - \eta \tag{39}$$

$$f_2(\eta) = \exp - \eta + \frac{1}{4} \exp - 2\eta + \dots$$

$$\frac{\gamma}{(A)^2(A-1)} \exp - A\eta + M \eta \exp - \eta - \dots$$

$$\frac{\gamma}{(A)^2(A-1)} - \frac{3}{4} + \frac{\gamma}{A(A-1)} - M + \frac{1}{2} \exp - \eta - \dots$$

$$\frac{\gamma}{A(A-1)} \exp - \eta + M \exp - \eta \tag{40}$$

$$Z_0(\eta) = \exp - A\eta \tag{41}$$

$$Z_1(\eta) = -A\eta \exp - A\eta - \frac{(A)^2}{1+A} \exp - \dots$$

$$(1 + A)\eta + \frac{D_f}{Sc(1+S)} \eta \exp - A\eta + \frac{(A)^2}{1+A} \exp - A\eta \tag{42}$$

$$W_0(\eta) = \exp - Sc\eta \tag{43}$$

$$W_1(\eta) = -Sc\eta \exp - Sc\eta - \frac{(Sc)^2}{1+Sc} \exp - \dots$$

$$(1 + Sc)\eta + \frac{(Sc)^2}{1 + Sc} \exp - Sc\eta - \dots$$

$$\frac{S_t}{A(A-Sc)} \exp - A\eta + \frac{S_t}{A(A-Sc)} \exp - Sc\eta \tag{44}$$

Therefore, substituting Eq. (39)-(40) into Eq. (31a) gives

$$f(\eta) = 1 + \omega(1 - \exp - \eta) + \dots$$

$$\omega^2 \{ \eta \exp - \eta + \frac{1}{4} \exp - 2\eta + \frac{\gamma}{(A)^2(A-1)} \exp - A\eta + \dots$$

$$M \eta \exp - \eta - \frac{\gamma}{(A)^2(A-1)} - \frac{3}{4} + \frac{\gamma}{A(A-1)} - \dots$$

$$M + \frac{1}{2} \exp - \eta - \frac{\gamma}{A(A-1)} \exp - \eta + M \exp - \eta \} \tag{45}$$

However, the fluid velocity is expressed as

$$F'(\eta) = (m_0)^2 f'(\eta) \tag{46}$$

Thus, we have the analytical solution of the fluid velocity as

$$F'(\eta) = \exp - \eta + \frac{1}{(m_0)^2} * \dots$$

$$\{ \exp - \eta - \eta \exp - \eta - \frac{1}{2} \exp - 2\eta - \dots$$

$$\frac{\gamma}{A(A-1)} \exp - A\eta - M \eta \exp - \eta - \frac{1}{2} \exp - \dots$$

$$\eta + \frac{\gamma}{A(A-1)} \exp - \eta \} \tag{47}$$

Again, substituting Eq. (41) - (42) into Eq. (31b) produces the analytical solution of the nanofluid energy transport as

$$Z(\eta) = \exp - A\eta + \frac{1}{(m_0)^2} \{ -A\eta \exp - A\eta - \dots$$

$$\frac{(A)^2}{1+A} \exp - (1 + A)\eta + \frac{D_f}{Sc(1+S)} \eta \exp - \dots$$

$$A\eta + \frac{(A)^2}{1+A} \exp - A\eta \} \tag{48}$$

Similarly, putting Eq. (43)-(44) into Eq. (31c), gives the analytical solution of the nanoparticle (specie) concentration as presented below.

$$W(\eta) = \exp - Sc\eta + \frac{1}{(m_0)^2} \{ -Sc\eta \exp - Sc\eta - \dots$$

$$\frac{(Sc)^2}{1+Sc} \exp - (1 + Sc)\eta + \frac{(Sc)^2}{1+Sc} \exp - Sc\eta - \dots$$

$$\frac{S_t}{A(A-Sc)} \exp - A\eta + \frac{S_t}{A(A-Sc)} \exp - Sc\eta \} \tag{49}$$

where,

$$A = \frac{Pr}{1+S} \text{ is constant.}$$

The physical quantities of paramount importance for the optimization and designing processes in the engineering, material science and scientific analysis are defined as follows.

$$C_f = \frac{\tau_s^*}{\rho U_0 V_0}, N_{u_x} = x \frac{(\frac{\partial T}{\partial y^*})_{y^*=0}}{(T_s^* - T_\infty^*)} \tag{50}$$

$$S_{h_x} = -x \frac{(\frac{\partial C}{\partial y^*})_{y^*=0}}{(C_s^* - C_\infty^*)}$$

Simplifying Eq. (50) produces the skin-friction, rate of heat transmission (Nusselt number) and Sherwood number (rate of mass transportation) as follows:

$$C_f = - \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{y=0} \tag{51}$$

$$f''(\eta) = (m_0)^3 F'' \tag{52}$$

$$f''(0) = -m_0 + \frac{1}{m_0} \left(-\frac{1}{2} + \frac{\gamma}{A-1} - M - \frac{\gamma}{A(A-1)} \right) \tag{53}$$

Again, the Nusselt number is resolved as

$$\frac{Nu}{Re_x} = - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_{y=0} \tag{54}$$

$$z'(\eta) = - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_{y=0} \tag{55}$$

$$z'(0) = A - \frac{1}{(m_0)^2} \left(-A + (A)^2 + \frac{D_f}{Sc(1+Sc)} - \frac{(A)^2}{1+A} \right) \tag{56}$$

Similarly, the Sherwood number follows:

$$\frac{Sh}{Re_x} = - \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)_{y=0} \tag{57}$$

$$w'(\eta) = - \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)_{y=0} \tag{58}$$

$$w'(\eta) = -Sc + \frac{1}{(m_0)^2} \left\{ -Sc + (Sc)^2 - \frac{(Sc)^3}{1+Sc} + \dots \right. \\ \left. \frac{St}{A-Sc} - \frac{Sc(St)}{A(A-Sc)} \right\} \tag{59}$$

Where, the local Reynolds factor due to the sheet's suction velocity is described as $Re_x = \frac{U_w l}{\nu}$.

3. Findings and Discussion

Having solved the problem analytically, we have deployed the Wolfram Mathematica software for realizing the numerical results which have been displayed graphically from Figures 2-13 and in Tables 1-3, respectively.

In the study of fluid dynamics, the fluid velocity has the tendency to decline as the magnetic field strength parameter rises owing to a phenomenon termed magnetohydrodynamic (MHD) drag. Meanwhile, in a conductive fluid flow along the direction of a magnetic field, the interaction between them spawns electric currents in the fluid, thus creating its own magnetic fields. These self-generated magnetic fields resist the applied magnetic field, thereby leading to a resistance to the fluid motion. This resistance manifests as an increase in drag, which impedes the fluid's passage and results to a decrease in velocity as the magnetic field strength increases. This phenomenon is displayed in Figure 2. In Figure 3, the influence of mixed convection parameter on the fluids' rate of flow is shown. As this parameter increases, the comparative impact of forced convection becomes more pronounced in relation to natural convection. Thus, this breeds a general increase in velocity within the fluid regime. As a result of this, the improved forced convection component, determined by the external force, transmits enormous momentum to the fluid, resulting in higher velocities and increased fluid motion. The effect of suction parameter, m_0 on velocity, temperature, and nanoparticle concentrations are illustrated in Figures 4, 5 and 6 respectively. The removal of fluid from the system forms a negative pressure gradient which resists the flow direction thereby countering the natural motion of the fluid and resulting in a decrease in velocity. Hence, the higher the suction parameter, the more significant the deceleration of fluid flow becomes. This phenomenon leads to lessening of the velocity. However, the extraction of fluid begets the loss of heat energy and causes a drop in temperature. The extraction of fluid by suction lessens the overall thermal energy content of a given system and creates a cooling effect. Thus, a rise in suction contributes to a decrease in temperature (energy) in the fluid flow. Similarly, the dispersal of nanoparticles in the fluid is affected by the suction mechanism. As fluid is extracted, the concentration of nanoparticles decreases uniformly. This is because the suction selectively eliminates fluid along with the immersed nanoparticles. Therefore, increasing suction results in a decrease in nanoparticle concentrations within the fluid flow as shown in Figure 6.

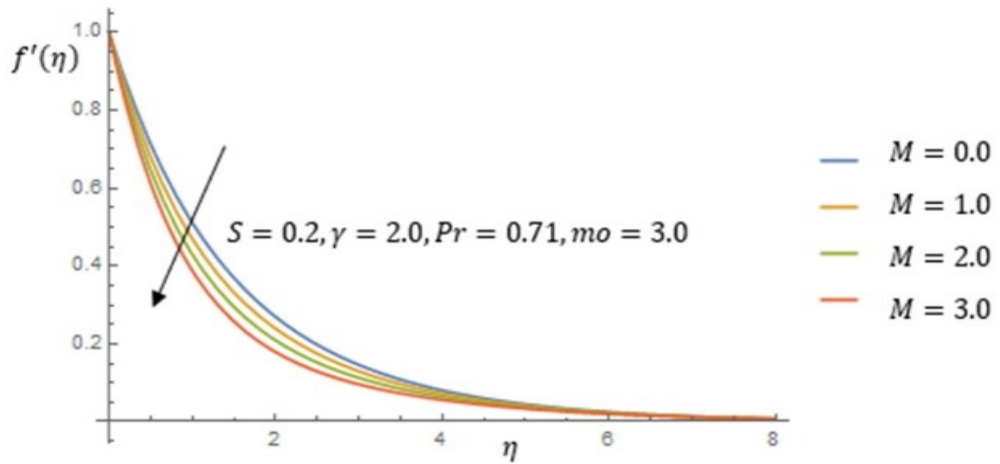


Figure 2. Impact of magnetic field strength, M on the rate of flow (velocity)

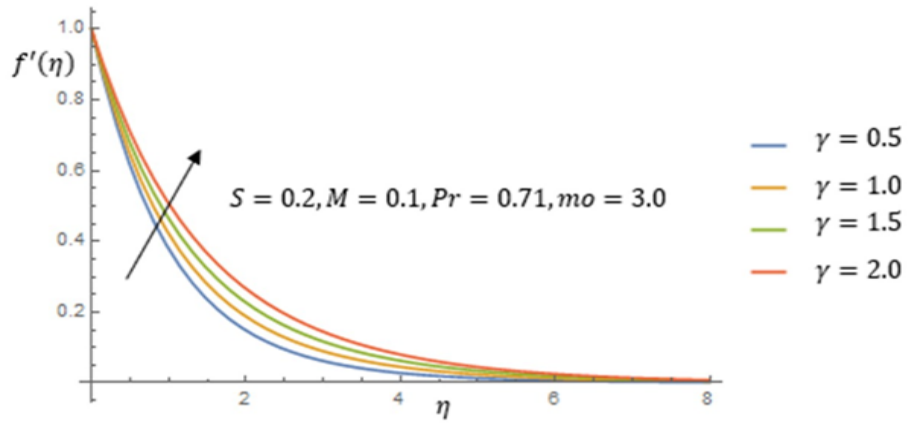


Figure 3. Impact of Richardson (mixed convective) parameter, γ on the rate of flow (velocity)

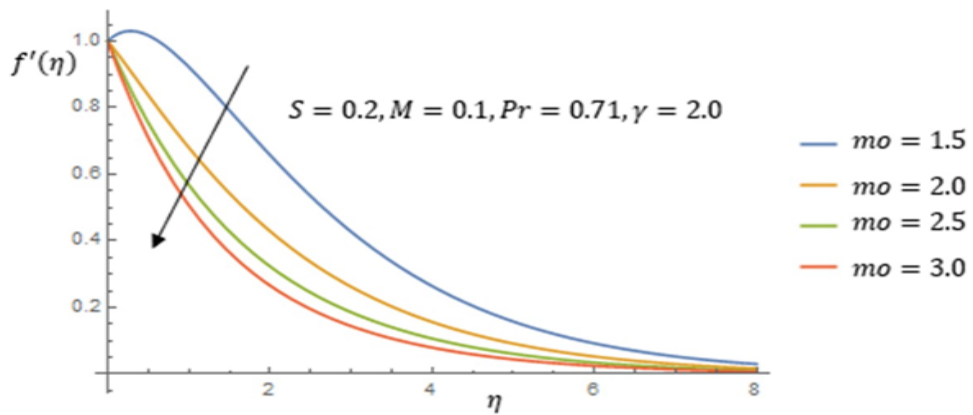


Figure 4. Impact of suction number, m_o on the rate of flow (velocity)

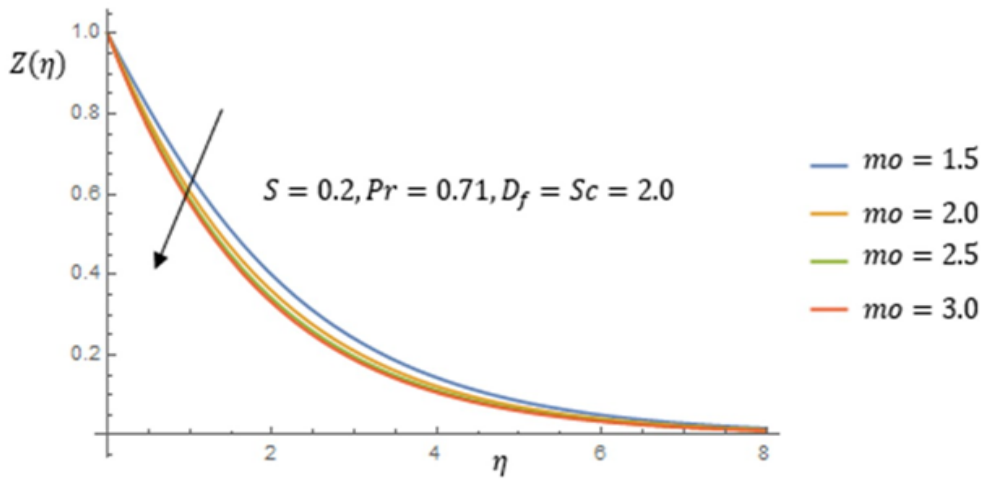


Figure 5. Impact of suction number, m_o on energy (temperature)

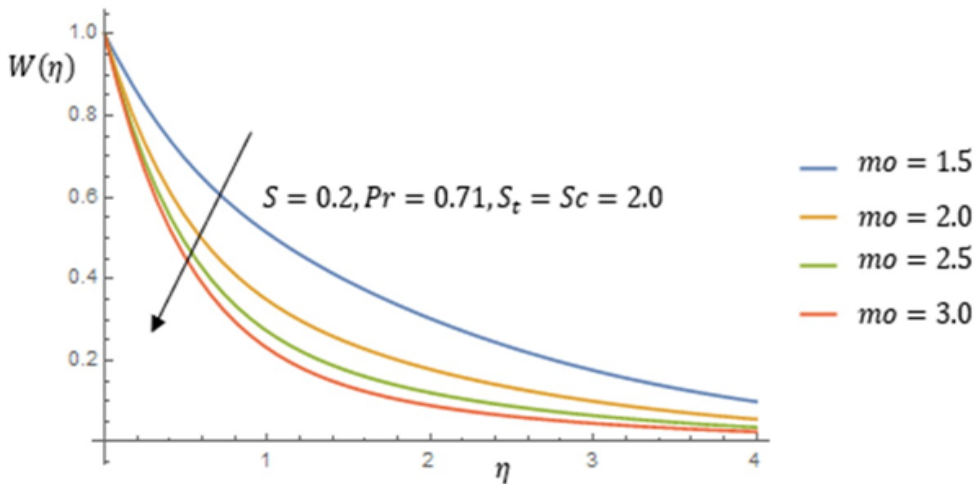


Figure 6. Impact of suction number, m_o on nanoparticle (specie) concentration

The radiation (S) parameter shows a noteworthy role in fluid flow, mainly when considering radiative heat transfer. Thus, its impact on velocity and temperature in the fluid is depicted in Figures 7 and 8. In radiative heat transfer, exchange of energy takes place between the fluid and its surroundings through electromagnetic radiation. Thus, the presence of radiation in the fluid proves the relative significance of radiative heat transfer compared to conduction or convection. When radiation rises, the impact of radiative heat transmission becomes more noticeable and leads to an increased energy transfer from the fluid to its surroundings.

Consequent upon this, the fluid exhibits an alteration in momentum, resulting to an increase in velocity. Similarly, radiative heat circulation can deposit or remove extra energy in or out of the fluid, depending on the temperature differences between the fluid and its walls. Therefore, when the S increases, the radiative heat motion becomes more prevailing and the energy interchange through radiation signifies a greater impact on the fluid temperature. Hence, this leads to a surge in the fluid's temperature.

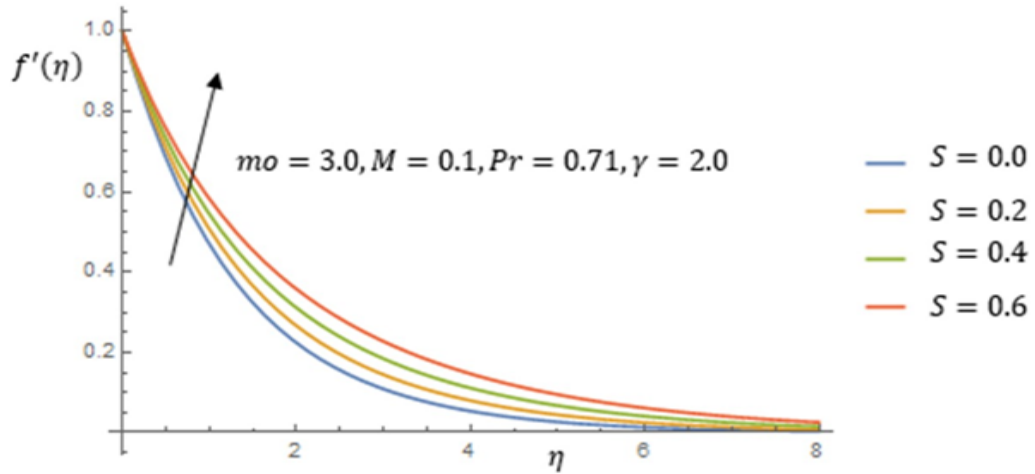


Figure 7. Impact of radiation parameter, S on the rate of flow (velocity)

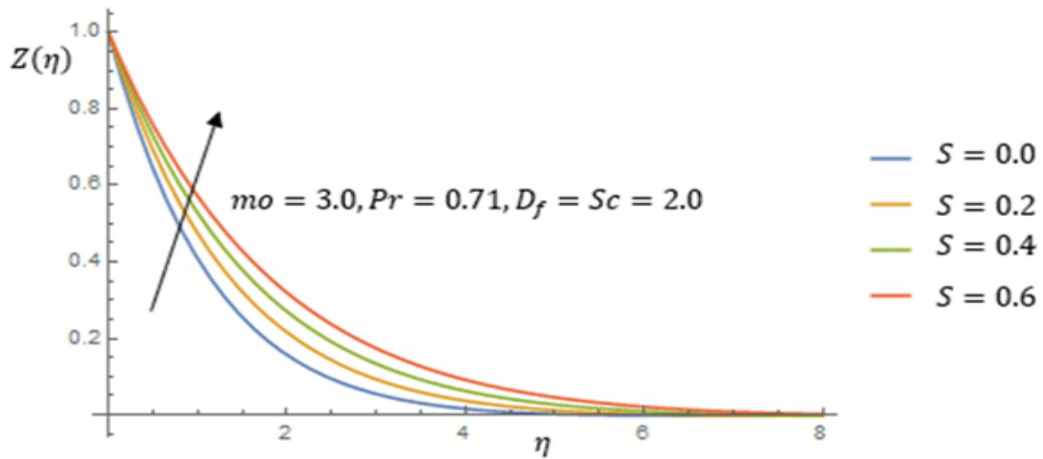


Figure 8. Impact of radiation parameter, S on energy (temperature)

The effects of Dufour (D_f) and Soret (S_t) parameters on temperature and nanoparticle concentration are demonstrated in Figures 9 and 10. Meanwhile, both of them play critical roles in heat and mass transmission. Generally, D_f enumerates the relative significance of thermal diffusivity associated with convective heat transmission. As it grows, the importance of thermal diffusion becomes evident as it leads to an augmented connection between the temperature and mass concentration. Thus, this breeds a surge in the temperature of the system. This process possesses numerous applications to combustion processes, chemical reactivity and thermal exchangers. Correspondingly, the S_t parameter quantifies the significance relation of thermal transfer which is likened to the solute diffusion. As it rises, the impact of thermal distribution appears more momentous and leads to a distinct Soret influence. This effect begets superior dispersal of a given component over another because of energy differences. Accordingly, an increase in nanoparticle concentration gradients of the fluid occasioning a higher concentration of the solute in

certain areas remains obvious. Thus, the significance of this parameter in this study is vital in the areas of chemical engineering, geophysics and environmental science where exact prediction and control of mass concentration distributions are essential.

In figures 11 and 12, the impact of the non-dimensional numbers i.e., Prandtl (Pr) and Schmidt (Sc) are demonstrated. The Prandtl number relays the ratio of momentum diffusion (viscosity) to heat dispersal. Thus, heat energy disperses gradually when equated to dissipation of momentum thereby leading to a reduction in the temperature gradient. The implication of this effect in different areas includes thermal transmission processes which involve the control of energy variations and it is critical for boosting system efficiency and thermal stresses prevention. Thus, an enhanced Pr shows that the fluid possesses a moderately little thermal diffusion in relation to its viscosity. Similarly, the Schmidt number involves the ratio of momentum diffusion (viscosity) to mass diffusion. However, an improved Sc indicates that a

fluid has a reasonably small mass diffusion in comparison to its viscosity. Owing to this fact, the dispersion of nanoparticles or its concentration differences happens at a gradual pace in relation to momentum circulation. Hence, this ushers decline in nanoparticle concentration distribution in the flow. The worth of Schmidt number is crucial in mass

transportation as it applies to chemical reactions and pollutant dispersal.

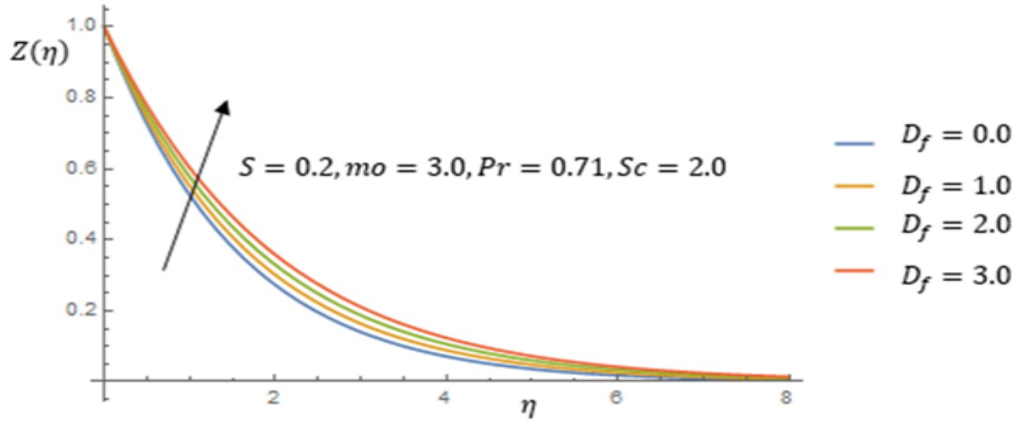


Figure 9. Impact of Dufour number, D_f on energy (temperature)

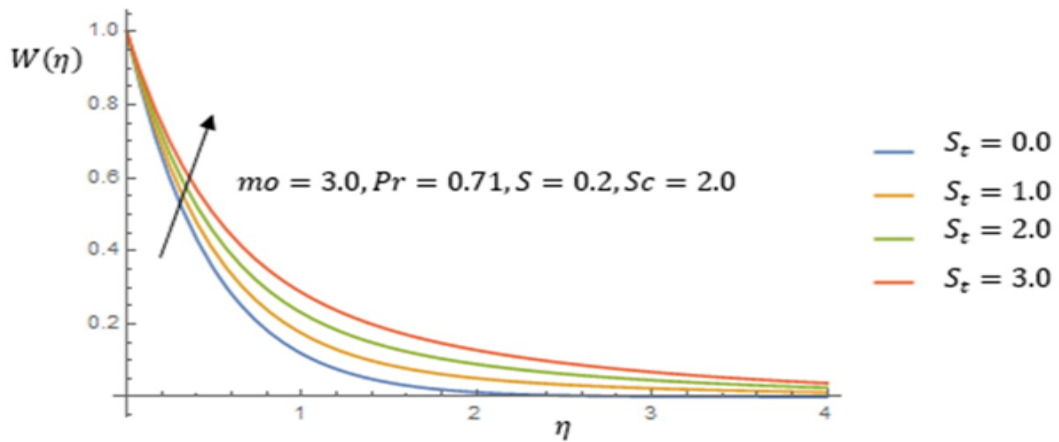


Figure 10. Impact of Soret number, S_t on nanoparticle (specie) concentration

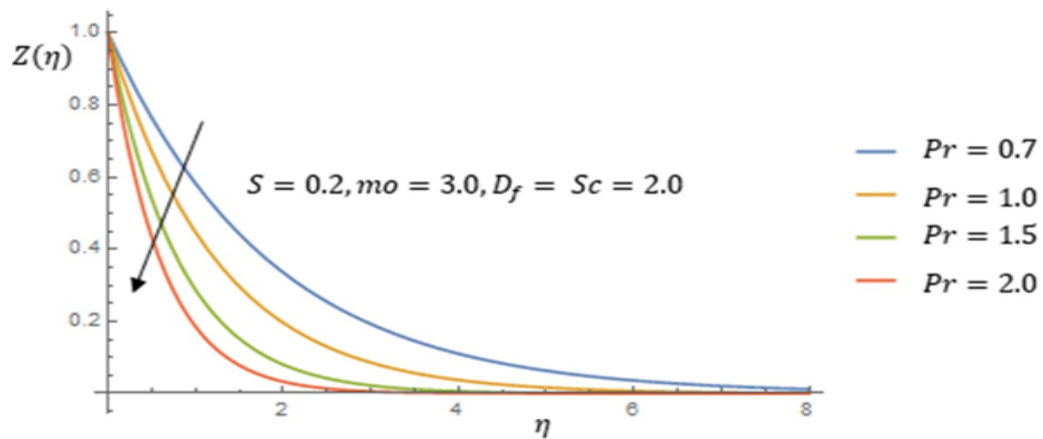


Figure 11. Impact of Prandtl number, Pr on energy (temperature)

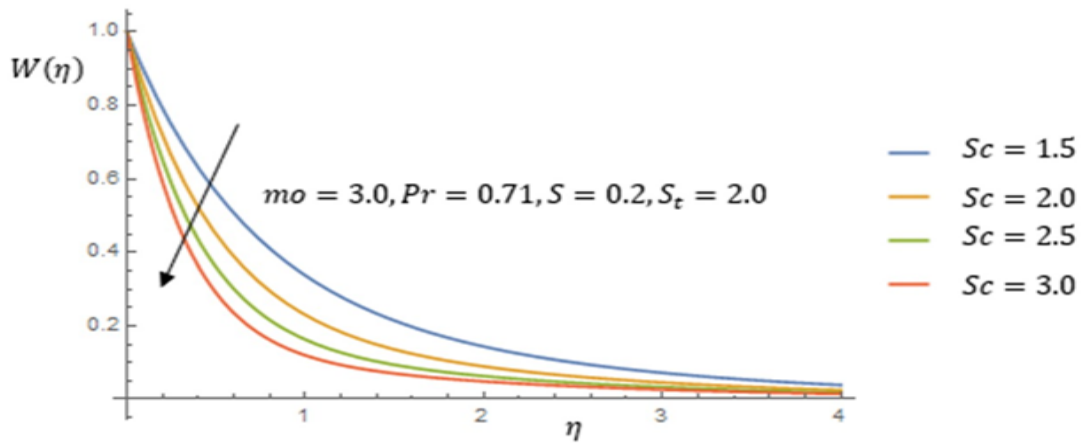


Figure 12. Impact of Schmidt number, Sc on nanoparticle (specie) concentration

The effects of suction, mixed convection and radiation on the skin friction are shown in Table 1. As the fluid is extracted from a system, its flowing momentum declines, thereby causing an increase in the interaction and resistance between the fluid and its boundary walls. Thus, an increase in suction leads to a corresponding increase in the skin friction. Conversely, the increasing effect of the mixed convective parameter, which consists of forced and natural convections, begets a shrinking condition in the skin friction because the forced convection component which is controlled by an applied force, improves the fluid motion close to the wall, thereby decreasing the thickness of the boundary layer and reducing skin friction. Also, as radiation improves, the radiative heat dispersal appears more pronounced as it aids in the cooling of the fluid close to the wall by lowering the temperature differences and accordingly diminishing skin friction. In Table 2, the impacts of the suction, Prandtl and radiation parameters on the rate of heat distribution (Nusselt number) are displayed. However, as suction increases, more fluid is loss from the system and the convective heat transport between the solid wall and the residual fluid becomes stronger, thus leading to a greater thermal transportation and increased Nusselt number. On the contrary, the Prandtl number has a crucial influence on the Nusselt number. This is because an improved Prandtl number signifies a relatively smaller thermal diffusivity in relation to viscosity, which brings about a

drop in the temperature of the fluid. However, close to the wall, the convective heat dispersal rate lessens and eventually leads to a decrease in the Nusselt number. On the other hand, as the radiation parameter rises, the radiative heat distribution becomes more noticeable, and produces extra heat exchange between the solid wall and surrounding fluid through electromagnetic radiation.

The effect of suction, Schmidt and Soret parameters on the Sherwood number are presented in Table 3. The Sherwood number signifies the mass transfer rate from the plate's surface to the immediate fluid. As fluid extraction takes place in the system, the mass transmittance between the sheet and residual fluid turns to be more distinct, and causes an enhanced mass transfer and a developed Sherwood number. Thus, an enhancement of this number produces an increment in the rate of mass transfer. On the contrary, the radiation parameter which is related to radiative thermal allocation shows a dissimilar result on the Sherwood number as it impact on the mass transferal rate. Hence, as it increases, the effect of radiative heat transfer becomes obvious. Therefore, as the radiative heat transfer influences the concentration gradients close to the solid surface and changes the mass transfer rate, the concentration gradients drops while the mass circulation rate decreases, thereby resulting in a lower Sherwood number.

Table 1. Effect of suction, mixed convection and radiation constraints on skin friction at $M = 0.1, Pr = 0.71$

S	γ	m_0	$f''(0)$
0.2	2.0	1.5	-0.3535
0.2	2.0	0.2	0.6099
0.2	2.0	2.5	1.3879
0.2	2.0	3.0	2.0732
0.2	0.5	3.0	2.9183
0.2	1.0	3.0	2.6366
0.2	1.5	3.0	2.3549
0.2	2.0	3.0	2.0732
0.0	2.0	3.0	2.2610
0.2	2.0	3.0	2.0732
0.4	2.0	3.0	1.8855
0.6	2.0	3.0	1.6977

Table 2. Effect of Dufour, Prandtl and suction constraints on Nusselt number (rate of thermal conveyance) at $S = 0.2, Sc = 2.0$

D_f	Pr	m_0	$-\theta'(0)$
0.0	0.71	3.0	0.6329
1.0	0.71	3.0	0.5867
2.0	0.71	3.0	0.5404
3.0	0.71	3.0	0.4941
2.0	0.7	3.0	0.5317
2.0	1.0	3.0	0.7912
2.0	2.0	3.0	1.6435
2.0	3.0	3.0	2.4868
2.0	0.71	1.5	0.3865
2.0	0.71	2.0	0.4763
2.0	0.71	2.5	0.5178
2.0	0.71	3.0	0.5404

Table 3. Effect of suction, Schmidt and Soret numbers on Sherwood number (rate of mass distribution) at $S = 0.2, Pr = 0.71$

S_t	m_0	Sc	$-\phi'(0)$
2.0	1.5	2.0	0.7939
2.0	2.0	2.0	1.3216
2.0	2.5	2.0	1.5658
2.0	3.0	2.0	1.6985
2.0	3.0	1.5	1.1911
2.0	3.0	2.0	1.6985
2.0	3.0	2.5	2.2038
2.0	3.0	3.0	2.7078
0.0	3.0	2.0	2.0741
1.0	3.0	2.0	1.8863
2.0	3.0	2.0	1.6985
3.0	3.0	2.0	1.5107

4. Conclusion

Having examined the analysis of MHD convective stream over an exponentially expanded infinite plate with suction and cross-diffusion impacts, the following conclusions are reached.

1. An increase in mixed convective and radiation parameters $\gamma = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ and $S = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6$, begets a rise in velocity and temperature.
2. Enhancement of Dufour, $D_f = 0, 1, 2, 3$ and Soret $S_t = 0.0, 1.0, 2.0, 3.0$ numbers leads to a surge in temperature and concentration.
3. The improvement of the skin-friction, Nusselt (heat transfer rate) and Sherwood numbers (mass transference rate) is as a result of increasing suction $mo = 1.5, 2, 2.5, 3$ parameters.
4. An upsurge in Dufour number reduces the Nusselt number whereas a rising effect of Soret parameter $S_t = 0.0, 1.0, 2.0, 3.0$ shows a growth in the Sherwood number.
5. A rise in the values of Prandtl factor, $Pr = 0.7, 1.0, 1.5, 2.0$ indicate an increase in the heat transfer rate.

Future Study Recommendations

In line with the current study, the following recommendations are made as areas of future studies.

1. Parametric Studies: The investigation of the sensitivity of the flow characteristics to various parameters is essential. Future studies can explore how changes in vital parameters, such as the magnetic field strength, suction velocity, and diffusion coefficients, affect the flow patterns and boundary layer properties. Thus, understanding the parameter dependencies can guide engineers and researchers in optimizing real-world applications.
2. Multiscale Modeling: The consideration of multiscale modeling approaches that incorporate both macroscopic and microscopic phenomena is vital. However, Cross-diffusion effects often involve interactions at the molecular level, while MHD flow is a macroscopic phenomenon. Future research can explore how to bridge the gap between these scales to develop more accurate and comprehensive models for practical scenarios where both effects are present.

Funding

The authors declare that this research work did not receive any financial assistance from any individual or institution.

Conflict of Interest

The authors did not mention any conflict of interest.

Acknowledgement

The authors wish to acknowledge Professor Ekaka-a E. N for his well recognized input towards the realization of this work.

Nomenclature

CNTs	Carbon nanotubes
MHD	Magnetohydrodynamic
n_p	Nanoparticle
n_f	Nanofluid
u, v	Velocity components in x and y axe (ms^{-2})
x, y	Coordinates of the horizontal and vertical axes
U	Dimensionless free stream velocity (ms^{-1})
U_w	Velocity at the wall of the plate (ms^{-1})
T_∞	Temperature far from the plate (K)
T_w	Temperature at the exterior of the plate (K)
C_w	Nanoparticle concentration at the wall ($kg\ m^{-3}$)
C_∞	Nanoparticle mass far away from the wall ($kg\ m^{-3}$)
T	Fluid temperature (K)
D_T	Coefficient of thermophoresis
D_m	Coefficient of mass diffusivity (m^2s^{-1})
η	Similarity variable
f'	Dimensionless velocity
θ	Non-dimensional temperature
ϕ	Dimensionless concentration.

5. References

- Abd El-Aziz, M. (2009). Radiation effect on the flow and heat transfer over an unsteady stretching sheet. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36, 521-524.
- Abd El-Aziz, M. (2010). Flow and heat transfer over an unsteady stretching surface with Hall Effect. *Meccanica*, 45, 97-109.
- Abd El-Aziz, M., & Salem, A. M. (2007). MHD-mixed convection and mass transfer from a vertical stretching sheet with diffusion of chemically reactive species and space or temperature dependent heat source. *Canadian Journal of Physics*, 85, 359-373.
- Abo-Eldahab, E. M., & Abd El-Aziz, M. (2005). Flow and heat transfer in a micropolar fluid past a stretching surface embedded in a non-Darcian porous medium with uniform free stream. *Applied Mathematics and Computation*, 162, 881-899.
- Ali, M., & Al-Yousef, F. (2004). Laminar mixed convection boundary layers induced by a linearly stretching permeable surface. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45, 4241-4250.
- Awucha, U. U., & Okechukwu, A. (2022). Soret dissipation effect on heat and mass transmission of non-Newtonian Casson Radiative nanofluid Flow with Lorentz drag and Rosseland radiation. *Journal of Pure and Applied Sciences*, 21(2), 120-127. <https://doi.org/10.51984/jopas.v21i2.2059>
- Bachok, N., Ishak, A., & Nazar, R. (2011). Flow and heat transfer over an unsteady stretching sheet in a micropolar fluid. *Meccanica*, 46(9), 935-942.
- Bestman, A. R. (1990). The boundary-layer flow past a semi-infinite heated porous plate for two-component plasma. *Astrophysics and Space Science*, 173, 93-100.
- Bhattacharyya, K. (2012). Steady boundary layer flow and reactive mass transfer past an exponentially stretching surface in an exponentially moving free stream. *Journal of the Egyptian Mathematical Society*, 20, 223-228.
- Bhattacharyya, K., & Layek, G. C. (2014). Magnetohydrodynamic boundary layer flow of nanofluid over an exponentially

- stretching permeable sheet. *Physics Research International*, 592536. <https://doi.org/10.1155/2014/592536>
- Boussinesq, J. (1877). *Analytical Theory of Heat*. Gauthier-Villars. Paris.
- Dandapat, B. S., Singh, S. N., & Singh, R. P. (2004). Heat transfer due to permeable stretching wall in the presence of transverse magnetic field. *Archives of Mechanics*, 56, 87-101.
- Das, K. (2012). Influence of thermophoresis and chemical reaction on MHD micropolar fluid flow with variable fluid properties. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55, 7166-7174.
- Elbashbeshy, E. M. A., & Bazid, M. A. A. (2004). Heat transfer over an unsteady stretching surface. *Heat Mass Transfer*, 41, 1-4.
- Ene, R. D., & Marinca, V. (2015). Approximate solutions for steady boundary layer MHD viscous flow and radiative heat transfer over an exponentially porous stretching sheet. *Applied Mathematics and Computation*, 269, 389-401.
- Fauzi, E. L. H., Ahmad, S., & Pop, I. (2012). Mixed convection boundary layer flow from a vertical cone in a porous medium filled with a nanofluid. *Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering*, 6, 10-22.
- Jain, S., & Choudhary, R. (2015). Effects of MHD on boundary layer flow in porous medium due to exponentially shrinking sheet with slip. *Procedia Engineering*, 127, 1203-1210.
- Liu, I. C., Wang, H. H., & Peng, Y. F. (2013). Flow and heat transfer for three-dimensional flow over an exponentially stretching surface. *Chemical Engineering Communications*, 200, 253-268.
- Mukhopadhyay, S., Bhattacharyya, K., & Layek, G. C. (2014). Mass transfer over an exponentially stretching porous sheet embedded in a stratified medium. *Chemical Engineering Communications*, 201, 272-286.
- Nadeem, S., Haq, R. U., & Khan, Z. H. (2014). Heat transfer analysis of water-based nanofluid over an exponentially stretching sheet. *Alexandria Engineering Journal*, 53, 219-224.
- Rabeti, M. (2014). Mixed convection heat transfer of nanofluids about a horizontal circular cylinder in porous media. *SOP Transaction on Nano Technology*, 1(1), 1-4.
- Rosseland, S. (1936). *Theoretical Astrophysics*. Clarendon Press, Oxford.
- Turkyilmazoglu, M. (2014). A note on micropolar fluid flow and heat transfer over a porous shrinking sheet. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 72, 388-391.



Determination of TYLCV-Resistant Cherry and Cocktail Tomato Cultivars by Molecular Markers

Hüseyin BASIM^{1*}, Osman KANDİL², Mine KARAOĞLAN²

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Antalya, Türkiye

²Istanbul Tarım SAN. and TİC. A.Ş., Antalya, Türkiye

*Sorumlu yazar: hbasim@akdeniz.edu.tr

ARTICLE INFO

Received: 08/09/2023

Accepted: 21/09/2023

Keywords: *Cherry and cocktail tomatoes, Molecular marker, Tomato Yellow Leaf Curl Virus*

DOI: 10.55979/tjse.1357477

ABSTRACT

In this study, resistant cultivars to Tomato yellow leaf curly virus (*TYLCV*) of different cherry and cocktail tomato cultivars were determined using molecular DNA markers. For this purpose, resistance to Tomato Yellow Leaf Curly Virus (*TYLCV*) of a total of 409 different cherry and cocktail tomato cultivars was determined by polymerase chain reaction (PCR) using the primer Ty3P6-25. As a result of the assays, 291 cherry and cocktail tomato cultivars were found to be susceptible (*rr*), 66 cultivars were heterozygous resistant (*Rr*), and 45 cultivars were homozygous resistant (*RR*) to *TYLCV*. In addition, no molecular markers were detected in 7 cherry and cocktail tomato cultivars. It was found that the molecular DNA marker used is useful in determining resistance responses to *TYLCV* in cherry tomato and cocktail tomato and can provide reproducible and reliable results in a short time.

TYLCV'ye Dayanıklı Kiraz ve Kokteyl Domates Çeşitlerinin Moleküler Markörler ile Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 08/09/2023

Kabul tarihi: 21/09/2023

Anahtar Kelimeler: *Domates Sarı Yaprak Kıvrılma Virüsü, Kiraz ve kokteyl domatesleri, Moleküler markör*

DOI: 10.55979/tjse.1357477

ÖZET

Bu çalışmada, farklı kiraz ve kokteyl domates çeşitlerinin Domates sarı yaprak kıvrık virüsüne (*TYLCV*) karşı dayanıklılıkları moleküler DNA markörleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, Ty3P6-25 primeri kullanılarak polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile toplam 409 farklı kiraz ve kokteyl domates çeşidinin Tomato Yellow Leaf Curly Virus'a (*TYLCV*) dayanıklılığı belirlenmiştir. Testler sonucunda, 291 kiraz ve kokteyl domates çeşidinin *TYLCV*'ye duyarlı (*rr*), 66 çeşidin heterozigot dayanıklı (*Rr*) ve 45 çeşidin homozigot dayanıklı (*RR*) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 7 kiraz ve kokteyl domates çeşidinde herhangi bir moleküler belirteç tespit edilmemiştir. Kullanılan moleküler DNA markörünün kiraz domatesi ve kokteyl domatesinde *TYLCV*'ye karşı direnç yanıtlarını belirlemede yararlı olduğu ve kısa sürede tekrarlanabilir ve güvenilir sonuçlar sağlayabileceği bulunmuştur.

1. Introduction

Vegetables, grown in many parts of the world, are an extremely important source of nutrients needed by living things. Tomato. Tomato is one of the most important vegetables in global agricultural production because it contains various minerals and vitamins, is one of the most produced, consumed, and traded agricultural products in the world, and has many uses in the food industry such as canned food, tomato paste, and ketchup (Tatar & Pirinç, 2017). About 7% of tomatoes, of which 186 822 thousand tons are produced on an area of 5052 thousand hectares around the world, are produced in Turkey, and with this production amount, our country ranks 3rd in tomato production in the world after India and China (FAO, 2021; FAO, 2022). Turkey's vegetable production as of 2021 is approximately 32 million tons. Tomato, which is the most produced vegetable in Turkey, has a share of 41.2% (13.1 million tons) in total vegetable production in 2021 (TUİK, 2022).

Moreover, greenhouse cultivation is very common in our country, and tomato production and export can be done at

any time of the year. In 2021, 4.4 million tons of tomatoes were produced under glass in Turkey. When listing tomato cultivation areas in Turkey in 2021 by province, it was found that Antalya ranked first with 19 thousand hectares, Bursa ranked second with 16 thousand hectares and Manisa ranked second with about 13 thousand hectares (TUİK, 2022).

Tomato varieties cultivated in the world differ in their physical properties and bioactive compounds contained in them. The cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is rich in nutrients, economically important and the second most consumed vegetable in the world (Foolad, 2007). Cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) is physically smaller than the cultivated tomato and is the ancestor of the domesticated form of the cultivated tomato (Ranc et al., 2009). Generally, the amounts of components such as tocopherol, folate and potassium, including bioactive phenolic compounds, are higher in cherry tomatoes compared to large tomatoes (Choi et al., 2011). Also, cherry tomatoes contain higher levels of phenolic compounds and nutrients than their processed products.

Therefore, the demand for fresh tomato fruit is increasing, and especially cherry tomato, because of its high nutritional content, its consumption is increasing and it is becoming more and more popular as a fresh salad dish.

Phytopathological and entomological problems arise from failure to properly maintain greenhouse conditions such as cultivation, temperature, humidity, and ventilation that limit tomato production and yields throughout the world and cause economically significant product losses. Despite years of intensive efforts to develop disease-resistant.

tomato breeding programs, numerous viral and fungal plant diseases still threaten tomato production. Major viral diseases that negatively impact tomato production include: *Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)*, *Tomato Mosaic Virus (ToMV)*, *Tomato Ring Spot Virus (ToRSV)*, *Potato Y Virus (PVY)*, *Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)* (Wani ve et al., 2010), *Tomato Brown Rugose Fruit Virus (TBRFV)* diseases (Salem et al., 2016; Luria et al., 2017) significantly damage tomato production. Tomato yellow leaf curl virus (*TYLCV*) disease is one of the most important virus diseases affecting tomato production worldwide (Czosnek & Laterrot, 1997; Hanssen et al., 2010; Moriones, et al., 2011). *TYLCV*, a member of the whitefly-transmitted genus *Begomoviruses* belonging to the family *Geminiviridae*, has a 2.7-2.8 kb ssDNA genome (Zhe et al., 2021). *TYLCV* was first described by Israel in 1939 (Pico et al., 1996). *TYLCV* is an economically important plant pathogen as it causes yield losses of up to 100% in tomato (Pérfarres et al., 2012; Kil et al., 2016; Thierry et al., 2012). The disease is most common at high temperatures, especially in many tropical and subtropical regions, and shows its most destructive effect at high temperatures (Lapidot et al., 2007). *TYLCV* causes yellowing and upward curling of the plant's upper leaves, flower drop, and stem stunting (Picó et al., 1996; Cohen & Lapidot, 2007). With the onset of breeding studies and the increasing popularity of cherry tomatoes among the population, the demand for cherry tomatoes has increased. This has prompted growers to develop new varieties that are higher yielding as well as more flavorful and disease resistant. Convective tomato breeding studies only allow phenotypic selection for plant susceptibility. However, due to the effects of environmental conditions and specific growing conditions on phenotype, field screening is a time-consuming and complex process (Junker et al., 2015; Moriones et al., 2007). With the development of molecular markers and genetic mapping methods, high-quality and disease-resistant tomato cultivars could be developed in a shorter time. Molecular markers are methods to select parents to be used in breeding programs and screen the desired gene region or gene loci related to disease resistance in the organism (Yorgancılar et al., 2015).

Marker assisted selection (MAS), developed as a modern molecular biology technique and molecular marker, greatly increases the speed and efficiency of developing resistant cultivars in phenotypic selection (Yorgancılar et al., 2015). Simple Sequence Repeat (SSP), Amplified Fragment Length Polymorphic (AFLP), Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Single Nucleotide Polymorphic (SNP) methods developed based on PCR are molecular techniques to detect resistant gene regions for disease resistant tomato selection (Yang et al., 2014; Hanson et al., 2016; Yorgancılar et al., 2015).

In addition, Amplified Polymorphic Sequence (CAPS) and Sequence Characterized Amplified Region (SCAR) are important PCR-based molecular methods for identifying *Ty-1/Ty-3* resistant gene regions for *TYLCV*-resistant tomato selection. *TYLCV* resistance in tomato is mostly based on *Ty-3* (Adedze et al., 2018).

The objective of this study is to identify some cherry and cocktail tomato cultivars developed by our breeding program that are resistant to *TYLCV* disease by PCR using *TYLCV*-specific DNA molecular marker.

2. Materials and Methods

Samples taken from the young leaves of a total of 409 cherry and cocktail type tomato cultivars in our breeding program grown in greenhouse were taken into 1 ml eppendorf tubes and their genomic DNAs were isolated by CTAB method (Doyle & Doyle, 1990). The concentration of the obtained genomic DNA samples was measured with the help of spectrophotometer (Thermo ND-1000) (100 ng/ml) and stored at 4 °C for later use.

PCR was performed with gene-specific *Ty3* P6-25 primers (Jensen et al., 2007) to determine the resistance of cherry and cocktail tomato cultivars to *TYLCV*. PCR reactions for *TYLCV* were performed in a total volume of 25 µl; 2.2 µl DNA, 2.5 µl 10X Dream Taq Buffer (containing 20 mM MgCl₂), 4 µl dNTP (each dNTP 2.5 mM), 0.25 µl Taq (5U µl⁻¹ Taq DNA polymerase), 1 µl forward and reverse primers and ddH₂O were added to a total volume of 25 µl.

PCR cycle parameters for *TYLCV*: initial denaturation at 94°C for 3 minutes, denaturation at 94°C for 30 seconds, binding at 53°C for 1 minute, elongation at 72°C for 1 minute, and an additional 10 at 72°C. minutes and 35 cycles in total.

PCR products were transferred to 1.5% agarose gel prepared with 0.5 TAE (Tris-acetate-EDTA) buffer and ethidium bromide (0.5 mg/ml) and run for 120 minutes at 110 volts. PCR results run in gel were visualized and recorded using an ultraviolet (UV) light imaging system (Vilber Lourmat, France).

3. Results ve Discussion

The results of PCR studies with *Ty3P6-25* primers (Figure 1.2.3.4) were examined genotypically: Samples with homozygous (*RR*) resistant genotype produced a single band of 630 bp, while samples with heterozygous (*Rr*) genotype had a band of 630 and 320 bp. had two bands. Finally, samples with homozygous recessive (*rr*) genotype had a single band of 320 bp (Tables 1,2,3,4). As a result of MAS assays, 291 cherry and cocktail tomato cultivars were found to be susceptible (*rr*), 66 cultivars were heterozygous resistant (*Rr*), and 45 cultivars were homozygous resistant (*RR*) to *TYLCSV*. In addition, no molecular markers were detected in 7 cherry and cocktail tomato cultivars.

Resistance to *TYLCSV* has been found in numerous tomato wild species, including *Solanum pimpinellifolium*, *S. peruvianum*, *S. chilense*, *S. habrochaites*, and *S. Cheesmaniae* (Pico et al., 1996). Many loci on tomato genome (i.e. *Ty-1* to *Ty-5*) for *TYLCSV* resistance have been described. The genes conferring resistance to *TYLCSV* contribute to the resistance originating from *S. habrochaites* (Sade et al., 2012; Eybishtz et al., 2009; Eybishtz et al., 2010). Three resistance genes, *Ty-1*, *Ty-3* or *Ty-3a* are primary used for *TYLCD* resistance in many tomato breeding program worldwide.

Evaluation of the results of this study showed that the PCR method using the *Ty3 P6-25* primers (Jensen et al., 2007) used in the determination of *Ty3*, the molecular marker for the presence of Tomato Yellow Leaf Roll

Virus (*TYLCSV*) disease resistance in cherry and cocktail tomato cultivars is very useful and safe. Therefore, the molecular resistance marker (*Ty3*) developed against Tomato Yellow Leaf Roll Virus (*TYLCSV*) should be used in different breeding programs to develop the above *TYLCSV* resistant cultivars. This method provides the opportunity to test more tomato plant material and increase the success rate by reducing the duration of tomato breeding programs.

Although cherry and cocktail tomato cultivars resistant to *TYLCSV* have been determined in this study by using molecular marker, pathogenicity tests are essential for a safer *TYLCSV* resistance. Therefore, testing different genotypes of the pathogen against plants that have been identified as resistant may provide a more accurate and stable resistance against genotypes of the pathogen from different geographic areas. For this purpose, in the next step of this study, cherry and cocktail tomato cultivars determined to be resistant *TYLCSV* by molecular marker will be tested *in vivo* against different genotypes of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (*TYLCSV*).

The use of molecular markers and pathogenicity tests together in determining the resistance reactions against diseases is of great importance in terms of the reliability and sustainability of the resistance obtained. In such studies, it is essential to have different strains or genotypes of pathogens for pathogenicity tests.

Table 1. Genotypic characteristics of cherry and cocktail type tomato cultivars (1-96) analyzed by PCR

Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>
1	<i>rr</i>	33	<i>rr</i>	65	<i>Rr</i>
2	-	34	<i>rr</i>	66	<i>rr</i>
3	<i>rr</i>	35	<i>rr</i>	67	<i>rr</i>
4	<i>rr</i>	36	<i>rr</i>	68	<i>rr</i>
5	<i>rr</i>	37	<i>rr</i>	69	<i>rr</i>
6	<i>rr</i>	38	<i>rr</i>	70	<i>rr</i>
7	<i>rr</i>	39	<i>Rr</i>	71	<i>rr</i>
8	<i>rr</i>	40	<i>rr</i>	72	<i>rr</i>
9	<i>rr</i>	41	<i>rr</i>	73	<i>rr</i>
10	<i>rr</i>	42	<i>rr</i>	74	<i>rr</i>
11	<i>rr</i>	43	<i>rr</i>	75	<i>rr</i>
12	<i>rr</i>	44	<i>rr</i>	76	<i>rr</i>
13	<i>rr</i>	45	<i>rr</i>	77	<i>rr</i>
14	<i>rr</i>	46	<i>rr</i>	78	<i>rr</i>
15	<i>rr</i>	47	<i>rr</i>	79	<i>rr</i>
16	<i>rr</i>	48	<i>rr</i>	80	<i>rr</i>
17	-	49	<i>rr</i>	81	<i>rr</i>
18	<i>rr</i>	50	<i>rr</i>	82	<i>rr</i>
19	<i>rr</i>	51	<i>rr</i>	83	<i>rr</i>
20	<i>rr</i>	52	<i>rr</i>	84	<i>rr</i>
21	<i>rr</i>	53	<i>rr</i>	85	<i>rr</i>
22	<i>rr</i>	54	<i>rr</i>	86	<i>rr</i>
23	<i>rr</i>	55	<i>rr</i>	87	<i>rr</i>
24	<i>rr</i>	56	<i>rr</i>	88	<i>rr</i>
25	<i>rr</i>	57	<i>rr</i>	89	<i>rr</i>
26	<i>Rr</i>	58	<i>rr</i>	90	<i>rr</i>
27	<i>RR</i>	59	<i>RR</i>	91	<i>rr</i>
28	<i>RR</i>	60	<i>RR</i>	92	<i>rr</i>
29	<i>rr</i>	61	<i>rr</i>	93	<i>rr</i>
30	<i>rr</i>	62	<i>rr</i>	94	<i>rr</i>
31	<i>rr</i>	63	<i>rr</i>	95	<i>rr</i>
32	<i>rr</i>	64	<i>rr</i>	96	<i>rr</i>

RR: Homozygous Resistant; *Rr*: Heterozygous; *rr*: Sensitive, -: Not detected

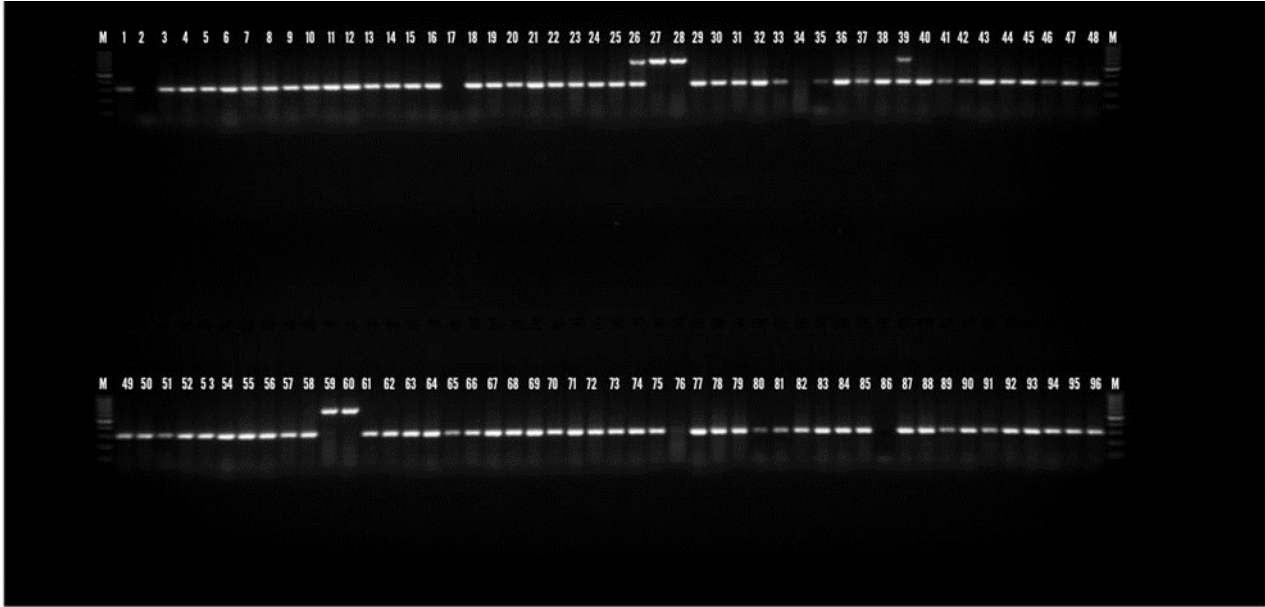


Figure 1. PCR results of cherry and cocktail type tomato varieties for *Ty3 P6-25*. M, Marker 100 bp; Tomato cultivars, 1-96

Table 2. Genotypic characteristics of cherry and cocktail type tomato varieties (101-196) analyzed by PCR

Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>
101	rr	133	Rr	165	rr
102	rr	134	Rr	166	rr
103	rr	135	Rr	167	Rr
104	rr	136	Rr	168	Rr
105	rr	137	Rr	169	Rr
106	rr	138	Rr	170	RR
107	rr	139	rr	171	RR
108	rr	140	rr	172	RR
109	rr	141	Rr	173	rr
110	rr	142	Rr	174	rr
111	rr	143	rr	175	-
112	rr	144	rr	176	Rr
113	rr	145	rr	177	Rr
114	rr	146	rr	178	RR
115	rr	147	rr	179	RR
116	rr	148	rr	180	rr
117	rr	149	rr	181	rr
118	rr	150	rr	182	rr
119	rr	151	rr	183	rr
120	rr	152	rr	184	rr
121	rr	153	rr	185	Rr
122	rr	154	rr	186	Rr
123	rr	155	rr	187	rr
124	rr	156	rr	188	RR
125	RR	157	rr	189	RR
126	Rr	158	rr	190	Rr
127	RR	159	rr	191	RR
128	RR	160	rr	192	RR
129	Rr	161	-	193	RR
130	RR	162	RR	194	Rr
131	rr	163	RR	195	Rr
132	rr	164	rr	196	rr

RR: Homozygous Resistant; Rr: Heterozygous; rr: Sensitive, -: Not detected

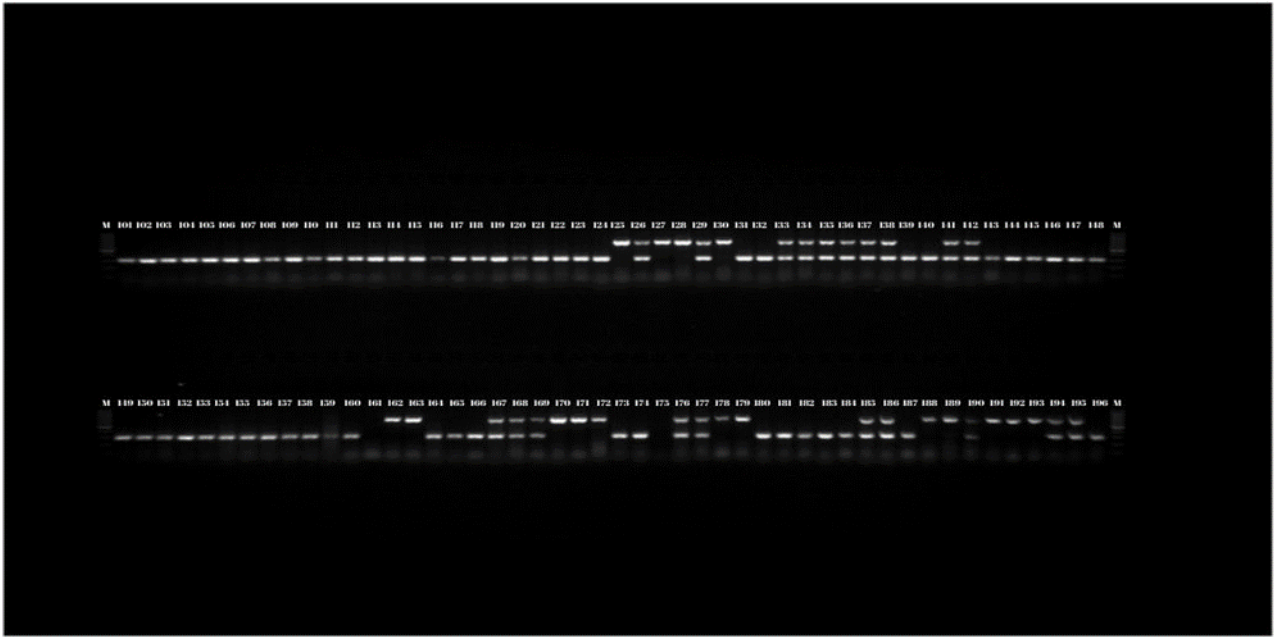


Figure 2. PCR results of cherry and cocktail type tomato cultivars for *Ty3 P6-25*. M, Marker 100 bp; Tomato cultivars, 101-196.

Table 3. Genotypic characteristics of cherry and cocktail type tomato varieties (201-296) analyzed by PCR

Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>	Cultivar No	<i>Ty3P6</i>
201	Rr	233	rr	265	rr
202	Rr	234	-	266	Rr
203	rr	235	Rr	267	Rr
204	rr	236	Rr	268	Rr
205	rr	237	rr	269	Rr
206	RR	238	rr	270	Rr
207	RR	239	Rr	271	RR
208	rr	240	RR	272	Rr
209	rr	241	RR	273	RR
210	Rr	242	rr	274	Rr
211	RR	243	rr	275	Rr
212	rr	244	Rr	276	Rr
213	RR	245	Rr	277	Rr
214	rr	246	RR	278	Rr
215	rr	247	RR	279	Rr
216	rr	248	rr	280	Rr
217	-	249	rr	281	Rr
218	rr	250	rr	282	Rr
219	rr	251	rr	283	RR
220	rr	252	rr	284	rr
221	Rr	253	RR	285	Rr
222	Rr	254	rr	286	rr
223	Rr	255	rr	287	rr
224	rr	256	RR	288	Rr
225	rr	257	RR	289	Rr
226	rr	258	Rr	290	rr
227	rr	259	rr	291	-
228	rr	260	Rr	292	rr
229	rr	261	Rr	293	rr
230	rr	262	rr	294	rr
231	rr	263	rr	295	rr
232	rr	264	rr	296	rr

RR: Homozygous Resistant; *Rr*: Heterozygous; *rr*: Sensitive, -: Not detected

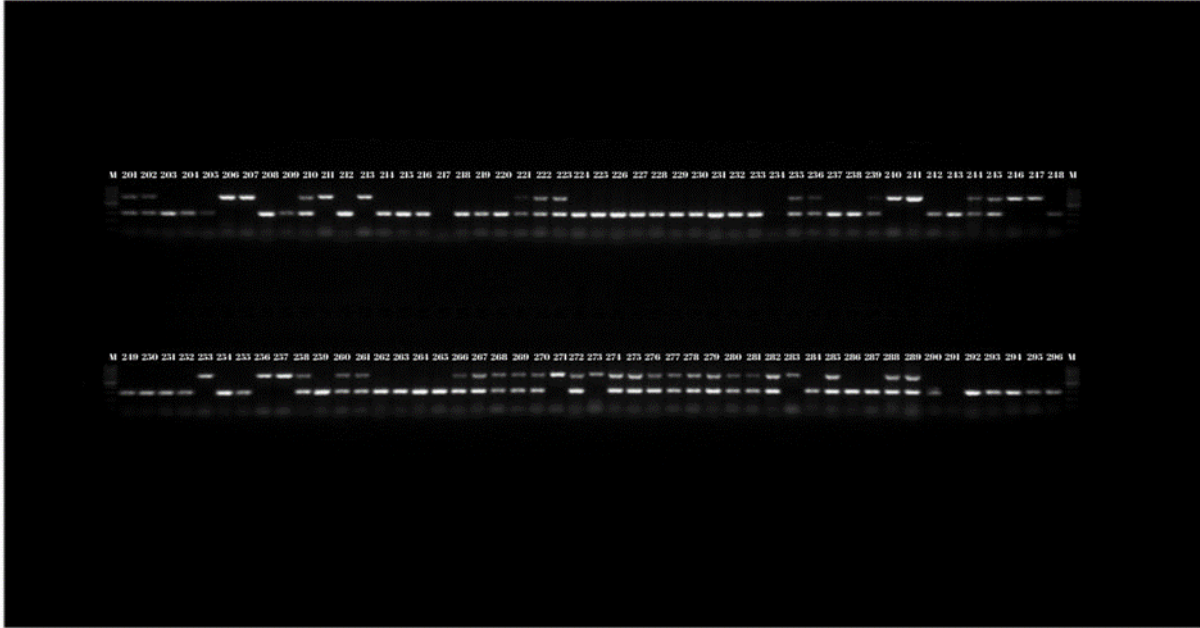


Figure 3. PCR results of cherry and cocktail type tomato cultivars for *Ty3* P6-25. M, Marker 100 bp; Tomato cultivars, 201-296.

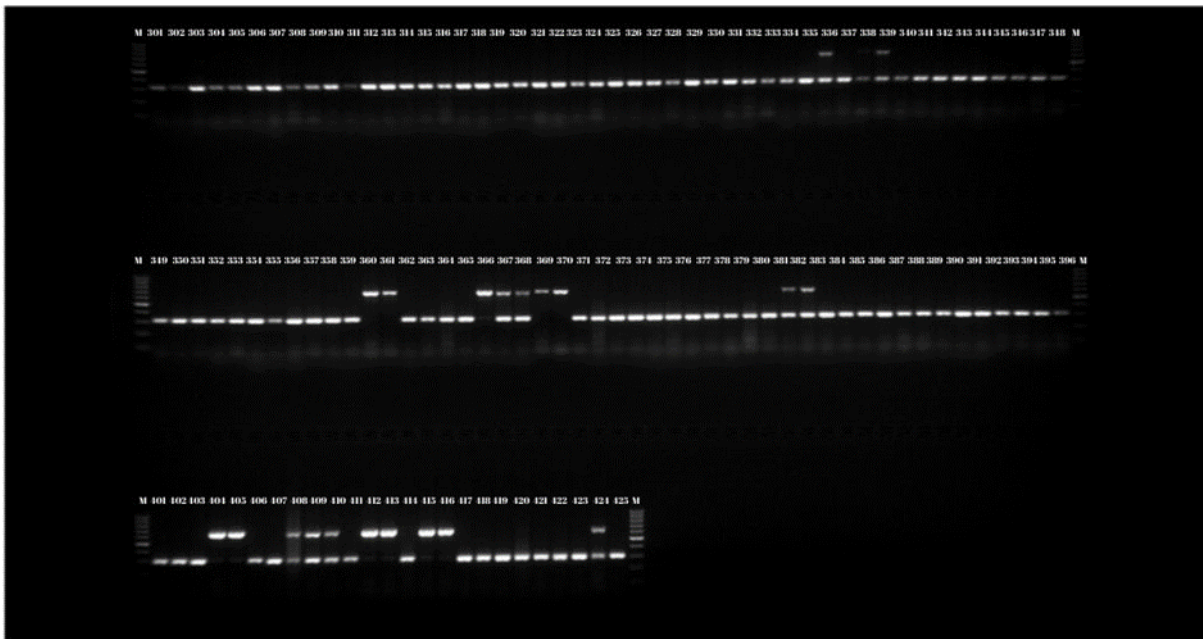


Figure 4. PCR results of cherry and cocktail type tomato cultivars for *Ty3* P6-25. M, Marker 100 bp; Tomato cultivars, 301-396 and 401-425.

Table 4. Genotypic characteristics of cherry and cocktail type tomato varieties (301-396 and 401-425) analyzed by PCR

Cultivar No	Ty3P6	Cultivar No	Ty3P6	Cultivar No	Ty3P6
301	rr	342	rr	383	Rr
302	rr	343	rr	384	rr
303	rr	344	rr	385	rr
304	rr	345	rr	386	rr
305	rr	346	rr	387	rr
306	rr	347	rr	388	rr
307	rr	348	rr	389	rr
308	rr	349	rr	390	rr
309	rr	350	rr	391	rr
310	rr	351	rr	392	rr
311	rr	352	rr	393	rr
312	rr	353	rr	394	rr
313	rr	354	rr	395	rr
314	rr	355	rr	396	rr
315	rr	356	rr	401	rr
316	rr	357	rr	402	rr
317	rr	358	rr	403	rr
318	rr	359	rr	404	RR
319	rr	360	RR	405	RR
320	rr	361	RR	406	rr
321	rr	362	rr	407	rr
322	rr	363	rr	408	Rr
323	rr	364	rr	409	Rr
324	rr	365	rr	410	Rr
325	rr	366	RR	411	Rr
326	rr	367	Rr	412	RR
327	rr	368	Rr	413	RR
328	rr	369	RR	414	rr
329	rr	370	RR	415	RR
330	rr	371	rr	416	RR
331	rr	372	rr	417	rr
332	rr	373	rr	418	rr
333	rr	374	rr	419	rr
334	rr	375	rr	420	rr
335	rr	376	rr	421	rr
336	Rr	377	rr	422	rr
337	rr	378	rr	423	rr
338	rr	379	rr	424	Rr
339	Rr	380	rr	425	rr
340	rr	381	rr		
341	rr	382	Rr		

RR: Homozygous Resistant; Rr: Heterozygous; rr: Sensitive, -: Not detected

4. Conclusion

In this study, cherry and cocktail tomato cultivars resistant to Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) disease was successfully determined. The resistance of the resistant cherry and cocktail tomato cultivars identified in this study will be verified by pathological testing using different genotypes of TYLCV.

Concept: H.B. (100%), Design: H.B. (100%), Supervision: O.K. (100%), Data collection and/or processing: O.K. (50%) and M.K. (50%), Data analysis and/or interpretation: H.B. (100%), Literature search: H.B. (50%), O.K. (25%), and M.K. (25%), Writing: H.B. (100%), Critical review: H.B. (100%). Submission and revision H.B. (100%). All authors reviewed and approved final version of the manuscript.

Acknowledgments

This work was supported by Istanbul Tarım AŞ.

Conflict of Interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

5. References

- Adedze, M. N., Lu, X., Chofong, G. N., Muhammad, M. H., Amirul, M. A., Li, Y., Zhang, W., He, Y., Reza, M. E., Mohd, R. I., Andrew, E., Sun, G., Li, W., & Si, L. (2018). Development of a new molecular marker for the resistance to Tomato Yellow Leaf Curl Virus. *BioMed Research International*, 2018, 10. <https://doi.org/10.1155/2018/8120281>.
- Choi, S. H., Kim, H. R., Kim, H. J., Lee, I. S., Kozukue, N., & Levin, C.

- E. (2011). Free amino acid and phenolic contents and antioxidative and cancer cell-inhibiting activities of extracts of 11 greenhouse-grown tomato varieties and 13 tomato-based foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(24), 12801-12814. <https://doi.org/10.1021/jf202791j>.
- Cohen, S., & Lapidot, M. (2007) Appearance and expansion of TYLCV: a historical point of view. In *Tomato yellow leafcurl virus disease*. (pp. 3-12).
- Czosnek, H., & Laterrot, H. (1997). A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Archives of Virology*, 142(7), 1391-406. <https://doi.org/10.1007/s007050050168>
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12(1), 13-15.
- Eybishtz, A., Peretz, Y., Sade, D., Akad, F., & Czosnek, H. (2009). Silencing of a single gene in tomato plants resistant to Tomato yellow leaf curl virus renders them susceptible to the virus. *Plant Molecular Biology*, 71(1-2), 157-171. <https://doi.org/10.1007/s11103-009-9515-9>
- Eybishtz, A., Peretz, Y., Sade, D., Gorovits, R., & Czosnek, H. (2010). Tomato yellow leaf curl virus infection of a resistant tomato line with a silenced sucrose transporter gene *LeHT1* results in inhibition of growth, enhanced virus spread, and necrosis. *Planta*, 231(3), 537-548. <https://doi.org/10.1007/s00425-009-1072-6>
- FAO (2022). The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- FAO (2021). The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, 64358. <https://doi.org/10.1155/2007/64358>
- Hanson, P., Lu, S. F., Wang, J. F., Chen, W., Kenyon, L., Tan, C. W., Tee, K. L., Wang, Y. Y., Hsu, Y. C., Schafleitner, R., Ledesma, D., & Yang, R. Y. (2016). Conventional and molecular marker assisted selection and pyramiding of genes for multi-disease resistance in tomato. *Scientia Horticulture*, 201, 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.020>
- Hanssen, I. M., Lapidot, M., & Thomma, B. P. H. J. (2010). Emerging viral diseases of tomato crops. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23(5), 539-548. <https://doi.org/10.1094/MPMI-23-5-0539>
- Jensen, K. S., Van Betteray, B., Smeets, J., Yuanfu, J., Scott, J. W., Mejia, L., & Maxwell, D. P. (2007). Co dominant SCAR Marker, P6-25, for Detection of the ty-3, Ty-3, and Ty-3a alleles at 25 cM of chromosome 6 of tomato. College of Agricultural and Life Sciences at University of Wisconsin-Madison, and by grants from Unilever Bestfoods Ltd. and the Florida Tomato Committee to JW. Scott, 25.
- Junker, A., Muraya, M. M., Weigelt-Fischer, K., Arana-Ceballos, F., Klukas, C., Melchinger, A. E., Meyer, R. C., Riewe, D., & Altmann, T. (2015). Optimizing experimental procedures for quantitative assessment of crop plant performance in high-throughput phenotyping systems. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00770>
- Kil, E. J., Kim, S., Lee, Y. J., Byun, H. S., Park, J., Seo, H., Kim, C. S., Shim, J. K., Lee, J. H., Kim, Ji. K., Lee, K. Y., Choi, H. S., & Lee, S. (2016). Virus causing yellow leaf formation in tomato (TYLCV-IL): a seed-transmissible geminivirus in tomatoes. *Scientific Reports*, 6, 19013. <https://doi.org/10.1038/srep19013>
- Lapidot, M., Ben-Joseph, R., Cohen, L., Machbash, Z., & Levy, D. (2007). Development of a scale for evaluation of tomato yellow leaf curl virus resistance level in tomato plants. *Phytopathology* 96, 1404-1408.007. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1404>
- Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., Elad, N., Tam, Y., Sela, N., Abu-Ras, A., Ezra, N., Haberman, A., Yitzhak, L., Lachman, O., & Dombrovsky, A. A. (2017). A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes. *PLOS One*, 12(1), e0170429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>
- Moriones, E., García-Andrés, S., & Navas-Castillo, J. (2007). Recombination in the TYLCV Complex: a Mechanism to Increase Genetic Diversity. Implications for Plant Resistance Development. In *Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease*. (pp. 119-138).
- Moriones, E., Navas-Castillo, J., & Díaz-Pendón, J. A. (2011). Emergence of *Begomovirus* Diseases. In *Recent Advances in Plant Virology*. (pp. 301-320).
- Péréfarres, F., Thierry, M., Becker, N., Lefeuvre, P., Reynaud, B., Delatte, H., & Lett, J. M. (2012). Biological invasions of geminiviruses: Case study of TYLCV and *Bemisia tabaci* in Reunion Island. *Viruses*, 4(12), 3665-3688. <https://doi.org/10.3390/v4123665>
- Picó, B., Diez, M. J., & Nuez, F. (1996). Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. Tomato yellow leaf curl virus-a review. *Scientia Horticulturæ*, 67, 151-196.
- Ranc, N., Muñoz, S., Santoni, S., & Causse, M. (2009). A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (Solanaceae). *BMC Plant Biology*, 8(1), 130. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-130>
- Sade, D., Eybishtz, A., Gorovits, R., Sobol, I., & Czosnek, H. (2012). A developmentally regulated lipocalin-like gene is overexpressed in Tomato yellow leaf curl virus-resistant tomato plants upon virus inoculation, and its silencing abolishes resistance. *Plant Molecular Biology*, 80(3), 273-287. <https://doi.org/10.1007/s11103-012-9946-6>
- Salem, N. M., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B. W., & Turina, M. (2016). A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. *Archives of Virology*, 161(2), 503-506. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2677-7>
- Tatar, M., & Pirinç, V. (2017). Potential of industrial tomato production potential of Southeast Anatolian region in Turkey. *Journal of Iğdır University Institute of Science and Technology*, 7(2), 11-20. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.121>
- Thierry, M., Lefeuvre, P., Hoareau, M., Péréfarres, F., Delatte, H., Reynaud, B., Martin, D. P., & Lett, J. M. (2012). Differential disease phenotype of *begomoviruses* associated with tobacco leaf curl disease in the Comoros. *Archives of Virology*, 86, 1553-1542. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-1199-1>
- TÜİK (2022). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Wani, S. H., Sanghera, G. S., & Singh, N. B. (2010). Biotechnology and plant disease control role of RNA interference. *American Journal of Plant Sciences*, 1(2), 55-68. <https://doi.org/10.4236/ajps.2010.12008>
- Yang, X., Caro, M., Hutton, S. F., Scott, J. W., Guo, Y., Wang, X., Rashid, H., Szinay, D., Jong, H., Visser, R. G. F., Bai, Y., & Du, Y. (2014). Fine mapping of the tomato yellow leaf curl virus resistance gene *Ty-2* on chromosome 11 of tomato. *Molecular Breeding*, 34, 749-760. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0072-9>
- Yorgancılar, M., Yakışır, E., & Erkoynucu, M. T. (2015). Moleküler markörlerin bitki ıslahında kullanımı. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 4(2), 1-12.
- Zhe, Y., Wolters, A. M. A., Navas-Castillo, J., & Bai, Y. (2021). The global dimension of Tomato Yellow Leaf Curl Disease: Current status and breeding perspectives. *Microorganisms*, 9(4), 740. <http://doi.org/10.3390/microorganisms9040740>



Bazı Kiraz ve Kokteyl Domates Hatlarının Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi

Gülnur AYDIN^{1*}, Hakan AKTAŞ¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: aydingulnur@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 08/09/2023

Kabul tarihi: 20/12/2023

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Domates, Fenolik, Likopen, Vitamin C

DOI: 10.55979/tjse.1357454

ÖZET

Domates dünya genelinde en çok üretilen sebzelerden biridir ve domates ile ilgili ıslah çalışmaları da gün geçtikçe yeni bir boyut kazanmakta, yeni taleplere cevap vermektedir. Çalışmada, aynı koşullarda yetiştirilmiş kokteyl ve kiraz tipli, kırmızı, kırmızı-yeşil kırçilli, sarı ve turuncu domateslerin mineral içeriği, C vitamini, likopen, β-karoten miktarları, antioksidan aktiviteleri, fenolik ve flavonoid madde miktarları tespit edilmiştir. Hem insan sağlığı hem de bitkilerin gelişme ve adaptasyon yetenekleri için birçok açıdan faydalı olan bu bileşiklerden askorbik asit (4.91-60.09 mg/100 g) sarı ve turuncu domateslerde daha düşük bulunurken, koyu renkli domatesler yüksek değerler göstermiştir. Flavonoid madde miktarları 4.42-35.40 mgC/100 g arasında değişmekte olup benzer şekilde koyu renkli domateslerde daha yüksektir. Bu durum antioksidan kapasiteleri (0.28-0.71 mmolTE/100 g) içinde geçerli olup fenolik madde miktarları (30.25-80.91 mgGAE/100 g) ise boyutlara bağlı olarak kiraz domateslerde daha yüksek bulunmuştur. Likopen (0.31-18.6 mg/100 g) ve β-karoten (0.75-6.29 mg/100 g) miktarları ise renklere bağlı olarak değişebilmekte olup sarı-turuncu domateslerin β-karoten açısından zengin olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak albenisi yüksek bu farklı renklerdeki domateslerin tüketimi ve ıslah çalışmalarının artırılması önerilmektedir.

Determination of Biochemical Contents of Some Cherry and Cocktail Tomato Lines

ARTICLE INFO

Received: 08/09/2023

Accepted: 20/12/2023

Keywords: Antioxidant, Lycopene, Tomato, Phenolic, Vitamin C

DOI: 10.55979/tjse.1357454

ABSTRACT

Tomato is one of the most produced vegetables worldwide, and breeding efforts related to tomatoes are continually evolving and responding to new demands. The mineral content, vitamin C, lycopene, β-carotene levels, antioxidant activity, and phenolic and flavonoid compound amounts of cocktail and cherry-type tomatoes, red, zebra, yellow, and orange tomatoes grown under the same conditions have been determined. These compounds, which are beneficial in many ways for both human health and the development and adaptation abilities of plants, exhibit lower values of ascorbic acid (4.91-60.09 mg/100g) in light-colored tomatoes while showing higher values in dark-colored tomatoes. Flavonoid compound amounts range from 4.42-35.40 mgC/100g and are similarly higher in dark-colored tomatoes. This is also true for antioxidant capacities (0.28-0.71 mmolTE/100g), while phenolic compound amounts (30.25-80.91 mgGAE/100g) are found to be higher in cherry tomatoes, depending on size. Lycopene (0.31-18.6) and β-carotene (0.75-6.29) levels can vary depending on color, and it has been determined that yellow-orange tomatoes are rich in β-carotene. Based on these results, it is recommended to increase the consumption of these appealing, differently colored tomatoes and to enhance breeding efforts.

1. Giriş

Domatesin anavatanı Güney ve Orta Amerika olarak bilinmektedir. İlk olarak Meksika yerlileri tarafından kültüre alındığı düşünülmektedir. Domatesin Avrupa'ya girişi ile ilgili ilk kayıtlar ise 1554 yılında İtalyan herbalist Pier Andrea Mattioli tarafından oluşturulmuştur. Zehirli olduğu sanılan domatesin burada bir sebze olarak karşılanması ve kültür bitkisi olarak değer kazanması ise uzun zaman almıştır. Domatesin Kuzey Amerika'daki yetiştiriciliğiyle alakalı ilk kayıtlar ise 1710 yılına dayanmaktadır. Türkiye'ye 1. Dünya Savaşı yıllarında gelmiştir. Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de başlarda zehirli olduğu düşünülmüştür. İlk olarak Marmara ve Ege bölgelerinde yaygınlaşmıştır (Tigchelaar, 1986; Mamay & Yanık, 2012; Baykal, 2020).

Günümüzde Domates dünya çapında yetiştiriciliği yapılan en önemli sebzelerden biridir öyle ki dünya genelinde iklimi elverişli olup da yetiştiricilik yapılmayan yer yoktur. Bunun yanında iklim koşullarının uygun olmadığı yerlerde de örtü altı yetiştiricilik tekniklerinin gelişmesi ile beraber neredeyse dünya üzerinde insan elinin değdiği her yerde yetiştiriciliği yapılmaktadır. En son FAO verilerine göre dünya genelinde toplam 180 milyon tonun üzerinde üretim yapıldığı bildirilmiştir. Domates yetiştiriciliği yapılan alan ve verim miktarı 1999'dan 2009 yılına kadar hızla artmaya devam etmiş, 2009 yılından günümüze kadar ise ivme azalsa da artış devam etmiştir (FAO, 2022).

Domatesin 2021 yılında dünya genelinde yaklaşık 5.16 milyon ha alanda yetiştirildiği bilinmektedir. Dünyanın ve ülkemizin hemen her yerinde farklı miktarlarda

ekim/dikim alanına sahip olan ülke Çin'dir. Toplam dünya üretiminde 56 milyon ton ile en büyük paya sahiptir. Türkiye önceki yıllarda ortalama 12 milyon ton üretim ile Çin, Hindistan ve ABD'den sonra 4. sırada yer alırken üretimdeki artışlar ile 2021 yılında 3. sıraya yerleşmiştir (FAO, 2022).

Domates, gıda sanayinde salça, ketçap, turşu, domates suyu ve dondurulmuş, salça, sos, ketçap domates suyu, turşu, domates püresi, soyulmuş domates, dilimlenmiş, küp şeklinde doğranmış, kurutulmuş, konserve, reçel ve domates kuru gibi çeşitli kullanım alanlarına da sahiptir (Kaur vd., 2008; Yesdhanulla & Aparna, 2018; AbdElrazig vd., 2018).

Tüketiminin bu derece yaygın olmasının nedeni, domates piyasasında günümüz arz-talep dengesi sayesinde bulunabilirliğinin kolay olmasının yanında şüphesiz besleyici değerinin de oldukça yüksek olmasıdır. Günümüzde dünyanın birçok yerinde insan beslenmesinin önemli bir parçası olan domates yüksek miktarlarda lif, vitamin (askorbik asit, tokoferol), mineral, fenolik maddeler ve karotenoidler içermektedir (Lavelli & Torresani, 2011; Cárdenas-Castro vd., 2021; Chattopadhyay vd., 2021; Zhang vd., 2021; Badin vd., 2021; Carbajal-Vázquez vd., 2022). Yapılan çalışmalar domatesin insan sağlığına katkılarının özellikle içerdiği bu bileşenlerden ileri geldiğini bildirmektedir (George vd., 2004; Frusciante vd., 2007; Dono vd., 2020). Bu biyoaktifler arasında polifenoller, karotenoidler ve vitaminler, anti-inflamatuar, antialerjenik, antimikrobiyal, antitrombotik, kardiyokoruyucu ve antioksidan etki gibi çok çeşitli fizyolojik fayda sağlamaktadır (Yang vd., 2008; Szabo vd., 2019).

Sebzelerin ve meyvelerin antioksidan içerikleri, türlere hasat zamanı ve hasat yöntemlerine, depolama ve muhafaza ortamının ısısına, ışığına, iklimine, nemine, gıdanın hazırlanması, hatta kişi ve toplumun tüketim alışkanlıklarına göre değişebilmektedir (Moure vd., 2001; Cornelli, 2009). Beslenme yoluyla alınan antioksidanlar, meyve ve sebzelerde bol miktarda bulunan vitaminler (C, E ve A vitaminleri), mineraller ve bitkisel bileşikler (polifenoller, flavonoidler ve karotenoidler) içerir. Bu antioksidanlar, serbest radikallerle savaşarak hücrelerin oksidatif hasardan korunmasına yardımcı olur ve sağlığın korunmasında önemli bir rol oynar. Bu bileşikler (karotenoidler, fenolik bileşikler, askorbik asit) antioksidan özelliklere sahip olup, domateste bol miktarda bulduklarından bu bileşiklerin konsantrasyonu ile paralel olarak domateslerin antioksidan kapasiteleri de yükselir (Serio vd., 2006; Vági vd., 2007; Butt vd., 2008; Alhathloul vd., 2021; Campos-Lozada vd., 2022).

Bitkilerde karotenoidler hücreleri aşırı radyasyondan korur ve çiçeklere, meyvelere ve vejetatif organlara sarı, turuncu ve kırmızı gibi çeşitli renkleri verir (Giuliano vd., 1993; Rapoport vd., 2021). Çiçeklerin ve meyvelerin parlak renkleri, tozlayıcıları çeker ve böylece bitkilerin çoğalmasını kolaylaştırır. Karotenoidler, absisik asit (ABA) ve strigolaktonlar gibi bitki hormonlarının yanı sıra çeşitli apokarotenoidlerinde öncüleridir (Ahrazem vd., 2016). Karotenoidler önemli antioksidan ve antikanserijen

pigmentler olup insan vücudunda sentezlenemediklerinde dışarıdan alınması gereklidir (Nisar vd., 2015). Her karotenoidin insan sağlığını geliştirmekte farklı rolleri vardır. Örneğin, A vitamininin öncüsü olan β -karoten, göz sağlığı için gerekli olup kataraktı ve maküler dejenerasyonu önler. β -karoten, yaklaşık 50 farklı karotenoid içerisinde en yüksek pro-vitamin A aktivitesine sahip olduğu bilinen bileşendir (Giorio vd., 2013; Li vd., 2021; Fraser & Bramley, 2004). Benzer şekilde, likopende kronik hastalıklara karşı koruyucu etki göstermekte, kanser ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltmaktadır (Ford & Erdman, 2012; Nayak & Bhushan, 2019; Sharma vd., 2021; Trombino vd., 2021).

Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan sekonder metabolitler olup, bitkileri böcek ve hayvan zararlılarına karşı korurken aynı zamanda tat ve aroma oluşumuna katkı sağlarlar (Călinoiu vd., 2018). Domateste bulunan fenolik bileşiklere kafeik, klorojenik, p-kumarik, ferulik ve rosmarinik asit örnek verilebilir (Çetković vd., 2012). Bu bileşikler, enzim sistemlerinde inhibitör veya aktivatör olarak, metal şelatı oluşturma ve serbest radikallerin süpürülmesinde rol alarak fonksiyonel özelliklerini gösterir. (Nichenametla vd., 2006; Wang vd., 2022; Kim & Lee, 2004; Scalbert vd., 2005; Fernandez-Panchon vd., 2008; Szabo vd., 2019).

Flavonoidler, bitkilere çeşitli renkler veren ve aynı zamanda insan sağlığı için faydalı olan biyoaktif bileşenlerdir. Antosiyaninler, flavonoidlerin bir alt grubu olup, bitkilerde kırmızı, mavi ve mor renklerden sorumludur. Bu bileşikler, antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-kanser etkileri ile bilinir (Manach vd., 2004; Pandey & Rivzi, 2009; Cassidy & Minihane, 2017; Tsao, 2010; Panche vd., 2016).

Domateste askorbik asit oldukça yüksek miktarda bulunmaktadır. 100 gr domates tüketimi yetişkin bir bireyin günlük vitamin C ihtiyacının %40'ını karşılayabilmektedir (Anıl, 2006). Bu sebeple askorbik asit miktarı yüksek domates çeşitlerinin ıslahı ve araştırılması insan beslenmesi için ayrıca önem kazanmaktadır (Durmuş vd., 2018).

Vitamin ve antioksanların yanı sıra da önemli olan minerallerden potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, kükürt, klor, demir, çinko, selenyum, bakır, krom, manganez, kobalt, iyot, flor, molibden insan beslenmesinde önemlidir (Strain & Cashman, 2009; Nieder vd., 2018; Yin vd., 2023).

Kalsiyum, magnezyum ve bakır, kemik gelişiminde hayati bir rol oynarken, fosfor, nükleik asitler ve fosfolipidler gibi fosfor içeren organiklerin bileşeni olarak önem taşır (Sana vd., 2020; Yang vd., 2021; Sommer vd., 2022). Bu elementler, domatesin besin değeri, tat ve hasat sonrası depolama kalitesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Domatesin kalitesi, verilen besin maddelerinin tipi ve miktarı ile de doğrudan ilişkilidir. Doğru besin maddelerinin kullanılması ve dengeli bir şekilde uygulanması, domatesin verimini ve besin değerini artırabilir, tadını geliştirebilir ve hasat sonrası depolama

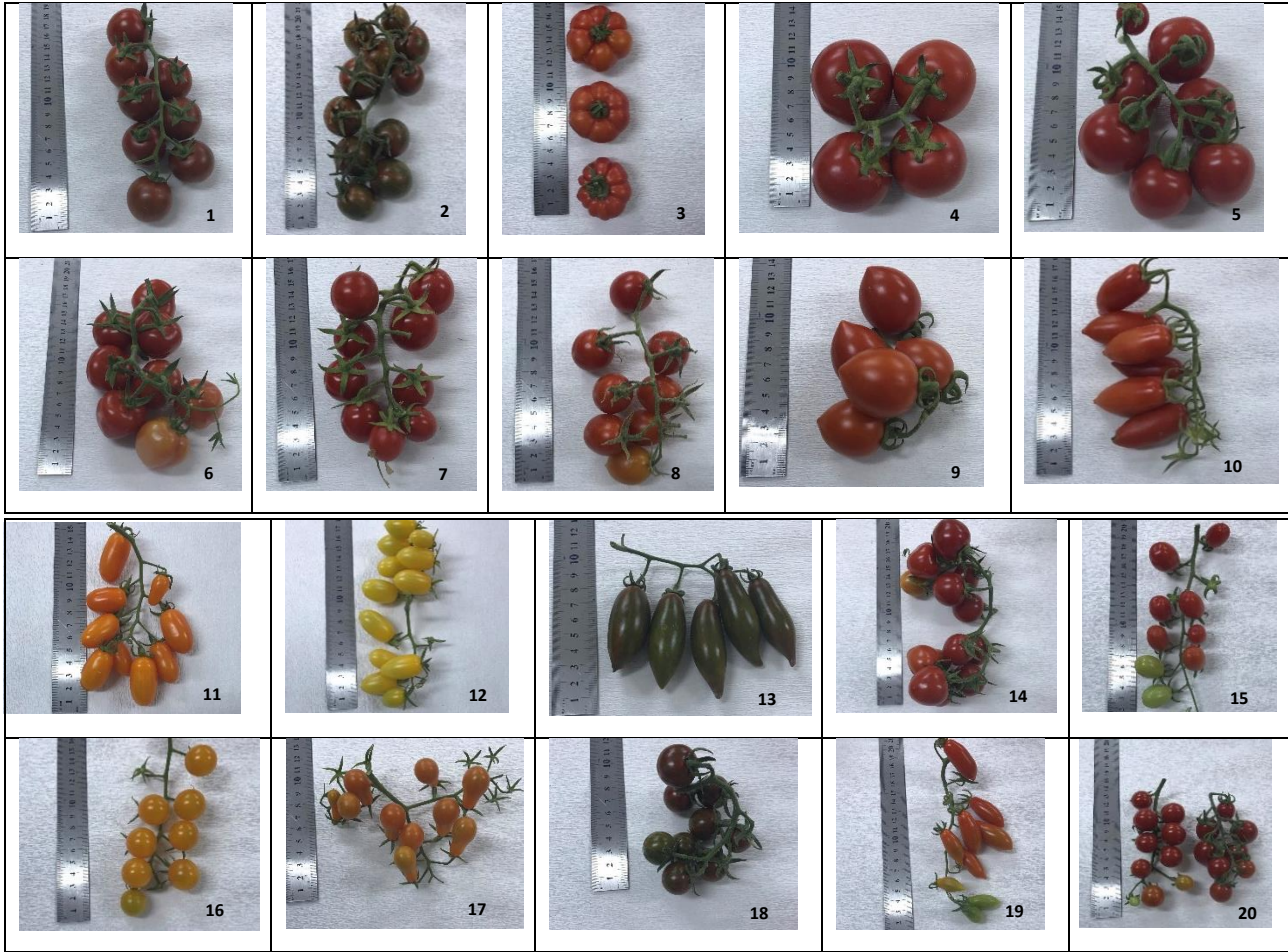
kalitesini iyileştirebilir (Sainju vd., 2003; Fernandez-Ruiz vd., 2011).

Bu çalışmada, farklı renk ve boyutlardaki domateslerin biyokimyasal içerikleri incelenmiştir. Piyasada nispeten yeni olan renkli domateslerin yanı sıra yaygın olarak tüketilen kırmızı domatesler de bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmada, aynı koşullarda yetiştirilmiş kokteyl ve kiraz tipli, kırmızı, kırmızı-yeşil (zebra), sarı ve turuncu renkli 20 adet domates hattının mineral içeriği, C vitamini, likopen, β -karoten miktarları, antioksidan süpürme aktiviteleri, fenolik ve flavonoid madde miktarları tespit edilmiştir. İncelenen bu parametrelerin hem kendi aralarındaki ilişkileri hem de domateslerin renk ve irilikleri ile olan ilişkileri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışma 2021-2022 yılları arasında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan seralarda ve Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışma kapsamında kullanılan hatlar Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı gen havuzundan temin edilmiştir. Islah amacıyla yetiştirilen farklı segmentlerdeki F7-F8 jenerasyonunda 118 domates hattı (Şekil 1) içerisinde seçilen farklı renk ve iriliklerdeki 20 domates hattı incelenmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan domates hatları
Figure 1. Tomato lines used in the study

2.2. Metot

Çalışmada kullanılan domates hatları 2021 yılı bahar sezonunda Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan serada yetiştirilmiştir. Yetiştiricilik yapılan sezon boyunca iklim değerleri minimum sıcaklık ortalaması 9 °C, maksimum sıcaklık ortalaması 32 °C olarak kaydedilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Denemede domates hatlarının sıra arası 100 cm, sıra üzeri 50 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Deneme süresince kültürel işlemler (ipe alma, dolama, budama gibi) devam

etmiştir. Vibrasyon yapılarak tozlanma ve döllenme gerçekleştirilmiştir. Denemede gübreleme ve sulama fertigasyon sistemine göre damlama sulama yapılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Domates örneklerinin muhafazası

Hasat edilen domates meyvelerinde belirlenen agronomik gözlemler tamamlandıktan sonra biyokimyasal analizlere kadar muhafaza edebilmek için meyveler alüminyum folyo ile sarılıp etiketlendikten sonra sıvı azot ile -196 °C'de dondurulmuştur. Dondurulan örnekler -20 °C'de analizlere kadar muhafaza edilmiştir.

2.2.2. Meyve sap kalınlığı (mm)

Hasat edilen meyvelerin sapları dijital kumpas (Mitutoyo 500-171-30) yardımıyla milimetre olarak ölçülmüştür.

2.2.3. Kaliks durumu

Hasat edilen domateslerin kaliks durumu açık-kapalı şeklinde gruplandırılmıştır.

2.2.4. Meyve parlaklığı

Kolorimetre yardımı ile ölçülen L* değerlerinin yanında meyvenin albenisi gösteren parlaklık değeri ayrıca gözlem olarak kaydedilmiştir. Parlaklık değerleri 1-mat, 5- çok parlak olmak üzere 1-5 skalası ile değerlendirilmiştir. (1-mat, 2-yarı mat, 3-orta, 4-parlak, 5-çok parlak)

2.2.5. Ortalama meyve ağırlığı (g)

Her genotipten 10 ayrı meyvenin ağırlığı hassas terazi yardımı ile gram cinsinden ölçülmüştür. Kaydedilen rakamların ortalaması alınarak ortalama meyve ağırlığı hesaplanmıştır.

2.2.6. Meyve çapı (mm)

Her genotipten 10 meyvenin ekvatorial kısmı dijital kumpas (Mitutoyo 500-171-30) yardımıyla milimetre ölçülmüştür.

2.2.7. Meyve uzunluğu (mm)

Her hattan 10 meyvenin sap çukurundan çiçek burnuna kadar olan kısmı dijital kumpas yardımıyla milimetre cinsinden ölçülmüştür.

2.2.8. Meyve şekli

Meyve şekillerinin belirlenmesinde UPOV tarafından belirlenen meyve özellikleri, şekil grupları listesi kullanılmıştır.

2.2.8. Meyve kabuk rengi

Her genotipten 10'ar adet seçilen pazarlanabilir domates meyvelerinin ekvatorial eksenlerinde renk ölçer (Konica, Minolta CR-410, ABD) yardımı ile ölçümler yapılarak L*, a*, b*, hue° ve kroma olarak belirlenmiştir.

CIE renk sistemine göre, L* (lightness) ölçüm yapılan alanın ışığı yansıtma durumu, (0=Beyaz; 100=Siyah), a* değeri kırmızıdan yeşil renge; b* değeri ise sarıdan maviye renk değişimlerini ifade edilmektedir. Hue° açı değeri rengin niteliğini (0°=kırmızı-pembe, 90°=sarı, 180°=yeşil, 270°=mavi) belirtirken, kroma değeri de rengin canlılığını (doygunluğunu) göstermektedir (Mc Guire, 1992).

2.2.9. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) içeriği (% brix)

Meyvelerin pulp haline getirilmesi ve süzülmesi sonrasında elde edilen meyve suyunda dijital refraktometre (Milwaukee MA 884) kullanılarak belirlenmiştir.

2.2.10. C vitamini (Askorbik asit) tayini

Hasat edilen domates örneklerinin vitamin C miktarları spektrofotometrik tayin metodu ile belirlenmiştir. Daha önce sıvı azot ile dondurulan ve -20 derecede muhafaza edilen örnekler kullanılmıştır. Bu yöntem 2, 6

dikloroindofenol Na tuzunun (boya) askorbik asit ile tepkimeye girerek renk değiştirmesine dayanır. Askorbik asit oksidasyon boyasını renksizleştirir ve boyanın kalanı pembe renk alır. Boya çözeltisi için 1 L saf suya 12 mg boya eklenip çözünmesi için ısıtılmış daha sonra soğumaya bırakılmıştır. Örneklerin vitamin C değerlerini kaybetmemesi amacıyla stabilizan çözelti hazırlanmıştır. Stabilizan çözelti için 4 g oksalik asit 1 L suda çözdürülmüştür. Daha sonra bu çözelti içerisinde örnekler parçalanarak ekstrakte edilmiştir. Her genotip için 3 tekrar ekstrakte hazırlanmıştır ve kaba filtre kağıdıyla süzülerek kullanılmıştır. Her genotip için iki tüpe 1 ml ekstrakt alınıp birine 9 ml saf su diğerine 9 ml boya çözeltisi eklenmiş saf su ile hazırlanan tüp şahit olarak kullanılıp boya ile hazırlanan tüp bu şahit çözeltisine karşı 518 nm dalga boyunda okunmuştur. Kaydedilen absorbans değerlerinin hesaplanması için standart grafik hazırlanmıştır. Standard askorbik asit grafiği için 100 mg askorbik asit 100 ml oksalik asit içerisinde çözdürülerek stok çözelti hazırlanmış daha sonra bu stoktan 1 mg/100 ml, 2 mg/100 ml, 3 mg/100 ml ve 4 mg/100 ml askorbik asit içeren çözeltiler elde edilmiştir. Bu çözeltilerinde aynı şekilde spektrofotometre ile absorbans değerleri kaydedilmiş bu değerlerden standart grafik oluşturulmuştur ve grafik denklemi hesaplamada kullanılmıştır. Sonuçlar mg/100 g askorbik asit cinsinden ifade edilmiştir (Nakilcioğlu-Taş & Ötleş, 2020).

$$\text{Askorbik asit (mg/100 g)} = \frac{(\text{Abs}+0.0095)}{0.061} \times S_f \quad (1)$$

Abs = Örnek absorbans değeri

Sf = Seyreltme faktörü

2.2.11. Likopen ve β-karoten tayini

Ekstraksiyon hazırlığı için 1'er g'lık domates örnekleri 15 ml aseton: hekzan karışımı (4:6) ile homojenizatörde 2 dk boyunca homojenize edilmiştir. Hazırlanan çözelti faz ayırımının gerçekleşmesi için oda sıcaklığında, karanlık koşullarda 5 dk inkübe edilmiş olup, inkübasyondan sonra üst kısımdaki hekzan fazı mikropipet yardımı ile alınarak spektrofotometrede 663, 645, 505 ve 453 nm dalga boylarında aseton:hekzan (4:6) şahit çözeltisine karşı okunmuştur. Kaydedilen absorbans değerleri formüllerde yerine koyulup elde edilen sonuçlar mg/100 ml olarak ifade edilmiştir. (Nagata & Yamashita, 1992).

Likopen ve β-karoten için kullanılan formüller

$$\text{Likopen} \left(\frac{\text{mg}}{100} \text{ ml} \right) = -0.0458x_{A663} + \dots \\ 0.204x_{A645} + 0.372x_{A505} + 0.0806x_{A453} \quad (2)$$

$$\beta - \text{Karoten} \left(\frac{\text{mg}}{100} \text{ ml} \right) = 0.216x_{A663} - \dots \\ 1.22x_{A645} - 0.304x_{A505} + 0.452x_{A453} \quad (3)$$

2.2.12. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde miktarını belirlemek amacı ile 1 g meyve örneği %80'lik metanol ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra homojenizatörde 2 dk boyunca homojenize edilip karanlık koşullarda 24 saat +4°C'de (buzdolabında) beklemeye bırakılmıştır. Örnekler

10000 rpm'de 20 dk santrifüj edildikten sonra üst faz analizde kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocaltaeu kolorimetrik yöntemi kullanılarak spektrofotometrik ile belirlenmiştir (Swain & Hillis, 1959). Ekstrakte edilen örneklerden; 150 µL alınarak üzerine 2400 µL saf su + 150 µL Folin Ciocaltaeu çözeltisi ilave edilmiştir. 300 µL %20'lik sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi eklenerek karanlıkta oda koşullarında 2 saat beklemeye bırakılmıştır ve daha sonra 725 nm'de spektrofotometre ile absorbans değerleri kaydedilmiştir. Değerlerin hesaplanması için gallik asit ile standard grafiği hazırlanmıştır. Grafiği elde etmek için 20 mg/100 ml gallik asit içeren stok çözelti hazırlanmıştır, daha sonra bu stoktan 2.5 mg/100 ml, 5 mg/100 ml, 10 mg/100 ml ve 20 mg/100 ml gallik asit çözeltiler elde edilmiştir. Çözeltiler yonteme göre aynı işlemlere tabii tutularak absorbans değerleri kaydedilip standart grafiğin hazırlanmasında kullanılmış ve kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Grafikten elde edilen denklem ile sonuçlar hesaplanarak mg/100 g gallik asit (mgGAE/100 g) şeklinde ifade edilmiştir.

$$\text{mgGAE}/100 \text{ g} = \frac{(\text{Abs}+0.0059)}{0.0121} \times \text{Sf} \quad (4)$$

GAE = Gallik asit eşdeğeri

Abs = Örnek absorbans değeri

Sf = Seyreltme faktörü

2.2.13. Toplam flavonoid madde miktarı

Daha önce hazırlanmış olan metanolik ekstraktan 0.25 ml alınarak üzerine 1.25 ml saf su ve 75 µL %5 NaNO₂ (Sodyum nitrit) ilave edilmiştir. 6 dakika bekletildikten sonra 150 µL %10 AlCl₃ (Alüminyum klorit) eklenip 5 dakika daha bekletilmiştir. Son olarak 5 ml 1 N NaOH (Sodyum hidroksit) eklenerek hızlıca 510 nm dalga boyunda okunup absorbans değerleri kaydedilmiştir. Değerlerin hesaplanmasında kullanılacak kalibrasyon grafiğini elde etmek için 5 farklı kateşin çözeltisi hazırlanmıştır. Stok çözeltiler 1.25 mg/ 100 ml, 2.5 mg/100 ml, 5 mg/100 ml, 10 mg/100 ml ve 20 mg/100 ml olarak hazırlanmıştır. Çözeltiler yonteme göre aynı işlemlere tabii tutularak absorbans değerleri kaydedilip standart grafiğin hazırlanmasında kullanılmış ve kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Grafikten elde edilen denklem ile sonuçlar hesaplanarak mgC/100 g kateşin şeklinde ifade edilmiştir (Dewanto vd., 2002).

$$\text{mgC}/100 \text{ g} = \frac{(\text{Abs}+0.0025)}{0.0113} \times \text{Sf} \quad (6)$$

C = Kateşin eşdeğeri

Abs = Örnek absorbans değeri

Sf = Seyreltme faktörü

2.2.14. Toplam antioksidan madde miktarı

Toplam antioksidan madde miktarını belirlemek amacı ile toplam fenolik madde tayini için hazırlanan stok halindeki süpernatantlar kullanılmıştır. Toplam antioksidan madde miktarı (serbest radikalleri indirgeme kapasitesi) DPPH (1,1-diphenly-2-picrylhrazy) metodu ile spektrofotometre yardımıyla belirlenmiştir. DPPH radikal süpürücü aktivite tayini için 0.2 mM'lık DPPH (1,1-diphenly-2-

picrylhrazy) çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 7.94 mg DPPH tartılıp 50 ml %80'lik metanolde çözdürülmüştür. Analiz için 10 ml'lik test tüplerinin, her birine 1 ml DPPH çözeltisi ve süpernatanttan 500 µL alınıp, içlerinde radikal çözeltisi bulunan tüpler üzerine ilave edilmiştir. Tüp içeriklerinin toplam hacmi 2 ml'ye %80'lik metanol ile tamamlanmıştır. Tüpler 20-30 saniye vortekslenip ve oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Hesaplamada kullanılacak kontrol absorbans değerini elde etmek için 1000 µL DPPH radikal çözeltisi üzerine 1 ml %80'lik metanol eklenip ve oda sıcaklığında karanlıkta 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi dolduktan sonra, spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda kontrol absorbans çözeltisi ve inkübasyonu tamamlanmış örnekler %80'lik metanol blankine karşı okunmuştur. Elde edilen değerler kontrol absorbans değerine karşı değerlendirmeye tabii tutularak Δ absorbans değeri kaydedilmiş ve bu değer üzerinden aşağıdaki formül ile mg/100 g troloks eşdeğeri (mmolTE/100 g YA) elde edilmiştir (Brand-Williams vd., 1995; Bener vd., 2022; Erdoğan & Erdoğan, 2022).

$$(\text{mmol TE}/100 \text{ g}) = \left(\frac{\Delta A}{\text{ETE}} \times \frac{V_m}{V_s} \times \text{Sf} \times \text{VE} \right) \times 100 \quad (5)$$

ΔA= Örnek absorbansının kontrol absorbansa farkı (Ne demek)

ETE= Troloks eşdeğerinde molar soğurma katsayısı

V_m= Yöntemin toplam hacmi

V_s= Numune hacmi

Sf= Seyreltme faktörü

VE= Ekstrakt hacmi

2.2.15. Mineral madde tayini

Hasat edilen domates meyveleri saf su ile yıkanarak temizlenmiştir. Ardından etüvde 70 °C üç gün boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler değirmende parçalanarak toz haline getirilmiştir. Öğütme işleminden sonra her bir örnekten 0.4 g numune tartularak mikrodalga tüpleri içerisine konulmuştur. Tüplerin içerisine 2 ml hidrojenperoksit ve 5 ml nitrik asit eklenerek 200 °C de 1 saat boyunca mikrodalga cihazında yaş yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hacim 20 ml'ye tamamlanarak filtrasyon işlemi yapılmıştır. Filtre edilen örnekler Agilent 5110 ICP-OES cihazında elementel analizleri gerçekleştirilmiştir ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Örnekler Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi laboratuvarlarında analiz edilmiştir

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen değerlere uygulanan varyans analizleri (p<0.01) sonucunda istatistiki olarak önemli fark gösteren parametreler TUKEY testine tabii tutularak gruplandırılmıştır (p<0.05). Birbirleri ile ilişkili olduğu öngörülen parametreler arasında korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Çalışmada incelenen özelliklere ilişkin verilerin değerlendirilmesinde Minitab 19.0 paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 1. Çalışmada incelenen domates hatlarının genel özellikleri
Table 1. General characteristics of the tomato lines analyzed in the study

Tip	Hat	Şekil (UPOV)	Renk	Parlaklık (1-5)	°Brix(%)	Sap kalınlığı (mm)	Kaliks şekli
Kokteyl	1	Yuvarlak	kırmızı-yeşil	2.8	8.6	2.41	Açık
	2	Yuvarlak	kırmızı-yeşil	2.8	8.4	2.25	Açık
	3	Dilimli Basık	kırmızı	3.4	6.6	2.61	Kapalı
	4	Yuvarlak	kırmızı	4.4	7.4	2.98	Açık
	5	Yuvarlak	kırmızı	4.2	6.3	2.85	Kapalı
	6	Yuvarlak Basık	kırmızı	4.8	5.5	2.31	Açık
	7	Yuvarlak	kırmızı	4.4	7.8	2.51	Açık
	8	Ters Oval	kırmızı	4.0	8.0	1.83	Açık
	9	Ters Oval	kırmızı	4.6	6.7	2.73	Kapalı
	10	Uzun Basık	kırmızı	2.6	7.9	1.77	Kapalı
Kiraz	11	Oval Hafif Basık	turuncu	5.0	8.8	1.49	Kapalı
	12	Oval Hafif Basık	sarı	3.8	9.7	1.16	Açık
	13	Uzun Basık	kırmızı-yeşil	4.6	7.6	1.36	Kapalı
	14	Kalp	kırmızı	4.8	8.3	2.18	Açık
	15	Oval Hafif Basık	kırmızı	4.8	9.8	1.61	Kapalı
	16	Yuvarlak	turuncu	5.0	9.6	1.61	Açık
	17	Armut	turuncu	3.6	9.4	1.17	Açık
	18	Yuvarlak	kırmızı-yeşil	5.0	8.3	1.67	Açık
	19	Uzun Basık	kırmızı	4.8	8.3	1.39	Kapalı
	20	Yuvarlak	kırmızı	5.0	10.3	2.01	Kapalı
Ort.				4.2	8.16	1.99	
Max.				5.0	10.3	2.98	
Min.				2.6	5.5	1.16	

Çizelge 1’de çalışmada incelenen hatların genel özellikleri listelenmiştir. Domates meyvelerinin şekilleri UPOV kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Meyve şekilleri yuvarlak, yuvarlak basık, dilimli basık, ters oval, uzun basık, oval hafif basık, kalp ve armut şekilli olarak birçok gruba ayrılmaktadır.

Domateslerin renkleri ise kırmızı, turuncu, sarı ve yeşil kırmızı olacak şekilde dört farklı gruba ayrıldığı görülmüştür.

Gözlem alınarak kaydedilen parlaklık değeri ortalamaları bakımından genel olarak kiraz tipi hatların daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. En yüksek parlaklık değerine kiraz grubunda 11, 16, 18 ve 20 numaralı hatlar sahip olmuştur. En düşük değerler ise genellikle yeşil-kırmızı renklerde olan kokteyl grubundan 1, 2 ve 10 numaralı hatlarda görülmüştür. Bu değerler kolorimetre yardımı ile alınan parlaklık ölçümleri ile paralellik göstermemektedir ve bu durum duyu analizlerin güvenilirliği ile ilgili sorunları ortaya koymaktadır.

Domateslerde brix değeri ve sap kalınlığı depolama ile yakından ilişkili olup brix değeri bakımından genel olarak kiraz tipi domatesler daha yüksek değerler göstermiş olup,

sap kalınlığı bakımından ise kokteyl tipi domatesler daha yüksek değerler göstermektedir. Yine meyve kalikslerinin kıvrılma durumlarına göre açık veya kapalı olma durumları da Çizelge 1’de verilmiştir.

Domateslerin sap kalınlığı, özellikle hasat ve taşıma sırasında meyve sapının dayanıklılığı ve meyve tutma gücü açısından önemlidir. Sap kalınlığı, domates bitkisinin genetik özelliklerine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bir çalışmada, domates bitkisinin asimilat değişimi ve karbonhidrat birikimi mekanizmalarını incelenmiştir. Araştırmacı, domates meyvesi ve sapı arasındaki asimilat akışının, meyve sapının kalınlığı ve gücü ile ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bu, kiraz ve kokteyl domateslerin sap kalınlığının, meyve tutunma gücü ve meyve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini ortaya koymaktadır (Ho, 1996).

Daha önce yapılan çalışmalarda incelenen domates meyvelerinin brix değerleri çalışmamıza yakın olsa da bazı hatların brix değerleri literatüre göre yüksek bulunmuştur. Araştırmamızda kiraz tipi domateslerin genel olarak daha yüksek brix değerine sahip olduğu görülmüştür (Causse vd., 2002; Renna vd., 2019).

Çizelge 2. Domates hatlarına meyvelerin pomolojik özellikler
Table 2. Pomological characteristics of fruits of tomato lines

Hat	Meyve ağırlığı		Meyve boyu		Meyve çapı	
	(g)		(mm)		(mm)	
1	21.34±0.54	D-F	33.59±1.04	F-H	32.73±0.83	C-D
2	21.08±0.65	E-F	35.31±0.49	E-G	33.83±0.50	B-D
3	40.61±1.22	B	29.07±0.68	H-I	52.10±2.23	A
4	51.41±2.97	A	41.72±1.30	C-D	48.87±1.58	A
5	27.45±1.07	C	36.95±0.63	D-F	38.20±0.51	B
6	25.60±1.13	C-D	37.59±0.73	D-F	38.09±1.34	B
7	16.32±0.75	G-H	31.26±0.96	G-H	29.60±0.71	D-E
8	16.46±0.50	G-H	39.76±1.21	C-E	26.98±0.44	E-F
9	23.38±1.23	C-E	43.39±0.86	B-C	34.99±0.92	B-C
10	23.82±0.93	C-E	57.59±0.70	A	25.29±0.69	E-G
11	12.94±0.55	H-J	41.52±1.13	C-D	22.81±0.71	F-H
12	7.04±0.18	K-L	33.90±0.88	F-G	18.86±0.41	H-I
13	13.85±0.51	G-I	53.68±1.67	A	21.72±0.41	G-I
14	18.03±0.48	F-G	31.26±0.49	G-H	32.16±0.42	C-D
15	11.25±0.43	I-K	33.20±0.62	F-H	24.01±0.41	F-G
16	9.05±0.28	J-L	25.82±1.03	I-J	24.70±0.45	F-G
17	5.39±0.16	L	33.76±0.76	F-H	18.83±0.41	H-I
18	9.51±0.30	I-L	23.42±0.24	J	24.73±0.34	F-G
19	9.13±0.19	J-L	48.40±1.25	B	18.10±0.69	I
20	6.90±0.18	K-L	24.71±0.55	I-J	21.75±0.60	G-I
Ort.	18.53		36.80		29.42	
Max.	51.41		57.59		52.10	
Min.	5.39		23.42		18.10	

Aynı sütunda farklı harfleri alan domates hatlarının değerleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

± : Standart hata değerleri

Meyve irilik özellikleri bakımından elde edilen verilere yapılan varyans analizi sonucunda değerler ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Yapılan Tukey testi sonuçları meyve iriliğine dair ortalamalar üzerinde harfler ile gösterilmiştir. Müşterek harf taşıyan değerler arasındaki farklar istatistiki olarak önemli değilken, müşterek harf taşımayan değerler arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

3.1. Meyve ağırlığı

Meyve ağırlığı açısından kokteyl domatesler içerisinde en yüksek ortalama değer 51.41 g ile kokteyl tipi, dilimli bir

domates olan 4 numaralı genotipte, en düşük değer ise 16.32 g ile 7 numaralı genotipte belirlenmiştir. Benzer şekilde kokteyl domateslerle yapılan bir çalışmada meyve ağırlıkları 30-40 g arasında değişirken, genel olarak kokteyl domateslerin 20-50 g arasında değişim gösterdiği bildirilmektedir (Carrillo-Rodriguez vd., 2018; Renna vd., 2019; Georgaki vd., 2023). Kiraz domatesler için meyve ağırlığı bakımından ise en yüksek değer 18.03 g ile 14, en düşük değer 5.39 g ile 17 numaralı genotipte bulunmuştur (Çizelge 2). Yapılan bir çalışmada kiraz domateslerin meyve ağırlıkları belirlenmiş ve en düşük ağırlığın 7.9 g olduğu görülmüştür. Benzer çalışmalarda kiraz domateslerin meyve ağırlıklarının 18-20 g aralığında olduğu saptanmıştır (Ibitoye vd., 2009; Carrillo-Rodriguez vd., 2018; Georgaki vd., 2023).

Sonuç olarak, incelenen özelliklerin değerleri ve gruplandırmaları, farklı hatların meyve özellikleri açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, meyve özelliklerinin aynı koşullarda yetiştirilen bu hatlarda genetik faktörlerden kaynaklandığı öngörülmektedir.

3.2. Meyve boyu

Hatların meyve boyu ortalamaları 57.59 ile 23.42 mm arasında değişmektedir. 16, 18 ve 20 numaralı hatların meyve boyları arasındaki farklar istatistik olarak önemli olmayıp bu üç genotip daha düşük meyve boyu ortalamalarına sahiptir. 10 ve 13. Hatlar arasındaki farklarda istatistik olarak önemli olmayıp en yüksek meyve boyu ortalamasına sahip hatlar olarak dikkat çekmektedir ($p<0.05$). Çalışma sonuçları mini segment domateslerin incelendiği literatürlerle benzerlik (20-50 mm) gösterirken en yüksek ortalama gösteren domates hatları oval, uzun tipli olanlardır. Bu hatlar daha iri veya meyve ağırlığı bakımından daha yüksek değerler

göstermezken meyve boyu bakımından yüksek değerler göstermeleri uzun meyve yapılarından ileri gelmektedir (Renna vd., 2019; Islam vd., 2019).

3.3. Meyve çapı

Hatların meyve çapı ortalamaları 18.1 ile 52.1 mm arasında değişmektedir. Meyve çapı açısından, verilerde hatlar arasında farklar istatistik olarak önemli olup 52,10 mm ile kokteyl tipi bir domates olan 3 ve 4 numaralı hatlarda en yüksek meyve çapı değeri belirlenmiştir. Bu genotipin en yüksek çap değerine sahip olması köy tipi dilimli domateslerin tipik özelliği olan basık, geniş meyve şeklinden kaynaklanmaktadır. En düşük değerler ise kiraz tipi domatesler olan 12, 17 ve 19 numaralı hatlarda görülmüştür. Bu değerler köy tipi kokteyl domates olan 3 numaralı genotipin dışında literatür ile uyum içerisinde (Renna vd., 2019; Islam vd., 2019).

Çizelge 3. Hatlara ait meyvede belirlenen antioksidan, fenolik madde, flavonoid, likopen, B-karoten ve askorbik asit içerikleri

Table 3. Antioxidant, phenolic substance, flavonoid, lycopene, B-carotene and ascorbic acid contents determined in the fruit of the lines

Hat	Antioksidan		Fenolik		Flavonoid		Likopen		β-karoten		C vitamini	
	(mmol TE/100g)		(mg GAE/100g)		(mg C/100g)		(mg/100g)		(mg/100g)		(mg/100g)	
1	0.50±0.01	E-G	49.4±1.3	E-G	10.2±0.5	G-H	4.45±0.1	I-J	2.1±0.02	D-E	60.1±0.7	A
2	0.56±0.01	C-E	58.6±2.0	C-D	18.7±0.6	D-F	14.4±0.1	B	4.0±0.08	C	33.9±0.4	C
3	0.50±0.01	E-G	49.5±1.2	E-G	9.88±0.7	G-H	4.03±0.1	J	1.9±0.04	E-F	24.1±0.9	D-F
4	0.41±0.01	I-J	43.2±0.8	G-J	21.3±0.8	C-E	7.24±0.2	E-G	1.9±0.06	E-F	19.9±0.8	GH
5	0.35±0.01	J	30.3±1.4	L	5.01±0.5	I	5.99±0.1	G-H	1.8±0.06	E-F	25.4±0.7	D
6	0.28±0.01	K	33.1±0.5	K-L	4.42±0.5	I	13.9±0.4	B	2.0±0.05	E	15.8±0.7	I
7	0.45±0.01	G-I	40.1±0.9	I-K	11.2±1.1	G	7.49±0.2	E-F	1.8±0.04	E-F	21.7±0.6	E-G
8	0.42±0.02	I	37.6±1.8	J-K	4.57±0.2	I	9.42±0.4	C	2.0±0.17	E	25.7±0.9	D
9	0.62±0.01	C	55.9±1.2	C-E	33.2±0.9	A-B	6.45±0.2	F-H	2.2±0.06	D-E	24.1±0.6	D-F
10	0.63±0.01	B-C	67.7±1.1	B	29.8±0.9	B	5.29±0.4	H-I	1.8±0.17	E-F	25.0±0.7	D-E
11	0.58±0.01	C-D	58.1±1.5	C-D	5.75±0.5	I	0.48±0.1	L	1.8±0.27	E-F	22.0±0.5	E-G
12	0.54±0.01	D-F	61.4±1.4	B-C	17.6±0.4	E-F	0.40±0.1	L	1.2±0.08	F-G	4.91±0.3	K
13	0.71±0.01	A	80.9±1.7	A	35.4±1.4	A	4.57±0.4	I-J	5.0±0.25	B	24.5±0.5	D-F
14	0.44±0.01	G-I	53.7±1.2	D-F	6.78±0.8	H-I	18.6±0.2	A	6.3±0.30	A	21.5±1.1	F-G
15	0.60±0.01	C-D	58.1±1.3	C-D	11.1±0.7	G	6.28±0.3	G-H	1.7±0.06	E-F	36.0±0.6	C
16	0.49±0.03	F-H	42.0±1.5	H-J	9.73±0.5	G-H	0.31±0.1	L	0.8±0.14	G	10.2±0.7	J
17	0.43±0.03	H-I	49.0±1.1	E-H	11.7±0.6	G	2.19±0.1	K	1.6±0.04	E-F	13.9±0.4	I
18	0.39±0.01	I-J	47.1±1.3	F-I	23.7±0.8	C	9.22±0.3	C-D	3.8±0.09	C	24.8±0.5	D-E
19	0.59±0.01	C-D	68.0±1.9	B	21.5±0.7	C-D	5.61±0.3	H-I	2.3±0.15	D-E	17.0±0.4	H-I
20	0.69±0.01	A-B	76.0±1.4	A	16.8±0.9	F	8.22±0.1	D-E	2.8±0.19	D	44.9±0.6	B
Ort.	0.50		51.76		15.34		6.65		2.41		23.71	
Max.	0.71		80.91		35.40		18.60		6.29		60.09	
Min.	0.28		30.25		4.42		0.31		0.75		4.91	

Aynı sütunda farklı harfleri alan domates hatlarının değerleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Çalışmada incelenen domates hatlarının fito-kimyasal özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Meyvelerin fito-kimyasal özellikleri bakımından elde edilen verilere

yapılan varyans analizi sonucunda değerler ortalamaları arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Yapılan Tukey testi sonuçları meyve fitokimyasal içeriklerine dair ortalamalar üzerinde latin harfleri ile gösterilmiştir. Müşterek harf taşıyan değerler arasındaki

farklar istatistik olarak önemli değilken, müşterek harf taşımayan değerler arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

3.4. Antioksidan

Domateslerin antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi ile belirlenmiş ve mmol Trolox eşdeğeri/100 g taze ağırlık olacak şekilde ifade edilmiştir. Hatların antioksidan

süpürme kapasiteleri incelendiğinde en yüksek antioksidan aktivitesine sahip hatlar kiraz tipi domateslerden olan 13 ve 20 numaralı hatlardır. Bunu takiben kokteyl domateslerden 9 ve 10 numaralı hatlar üçüncü en yüksek antioksidan aktivite gösteren hatlar olmuşlardır. En düşük antioksidan aktivite ise 6, 5 ve 18 numaralı hatlarda gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Bu sonuçlara göre genel olarak koyu renkli kırmızı-yeşil olarak sınıflandırılan hatlar yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. Turuncu veya sarı renkli domatesler ise ortalamaya yakın değerler göstermiştir ve genel olarak kırmızı domateslerden önemli derecede farklı oldukları söylenemez. Kokteyl ve kiraz domateslerin ortalama antioksidan aktivitesi ayrı olarak değerlendirildiğinde kiraz domateslerin önemli bir farkla kokteyl domateslerden daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği görülmüştür.

Bu çalışmada genel olarak örneklerin antioksidan aktiviteleri 0.28-0.71 mmol TE/100 g YA arasında değişim göstermektedir ve bu değerler literatürlerle de yakınlık göstermektedir (Figàs vd., 2015; Szabo vd., 2019). Çalışmalarda genel olarak hem mini segment hem de iri domateslerin antioksidan aktiviteleri incelendiğinde ortalama 0.25-0.55 mmol TE/100 g YA aralığında değişmektedir. Çalışmamızda 0.71 mmolTE/100 g YA ile en yüksek değeri alan 13 numaralı kiraz tipi domates hattının (kırmızı-yeşil) koyu renkli bir domates olması da ayrıca dikkat çekmektedir (Proteggente vd., 2002; Capanoglu vd., 2008; Figàs vd., 2015; Groveza vd., 2020; Yang vd., 2021; Georgaki vd., 2023).

3.5. Fenolik madde miktarı

Toplam Fenolik madde miktarları bakımından hatlar arasında ciddi farklar olduğu görülmektedir. Toplam fenolik madde miktarları gallik asit eşdeğeri cinsinden ifade edilmiş olup en değerlere sahip hatlar sırasıyla 80.9 ve 76.0 mgGAE/100 g taze ağırlık olmak üzere 13 ve 20 numaralı hatlar olarak belirlenmiştir. En düşük değer ise 30.2 mgGAE/100 g ile 5 numaralı hatta gözlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi kiraz tipi domatesler genel olarak daha yüksek toplam fenolik madde içermektedir. Domatesin biyokimyasal içeriklerini inceleyen çalışmalarda toplam fenolik madde miktarları 25 – 135 mgGAE/100g YA (Yaş Ağırlık) ile çok geniş bir aralıkta değişmektedir ve çalışmamızın da bu değerler içerisinde yer aldığı görülmektedir (Pek vd., 2010; Figàs vd., 2015; Renna vd., 2019; Groveza vd., 2020; Formisano vd., 2021; Vega-López vd., 2022). Yine çalışmamızda en yüksek

fenolik miktarının 13 numaralı, koyu renkli, kiraz tipi genotip olması dikkat çekmektedir.

3.6. Flavonoid madde miktarı

Çalışmada toplam flavonoid madde miktarları kateşin eşdeğeri ile ifade edilmiştir. En yüksek flavonoid madde miktarı 13, 9 ve 10 numaralı hatlarda gözlenmiştir. En düşük miktarlar ise 6, 8, 5 ve 11 numaralı hatlarda belirlenmiştir. Yine bu değerlerin renkle ilişkisi incelendiğinde 1 numaralı genotip hariç koyu renkli domatesler yüksek flavonoid madde içeriğine sahipken açık renkli yani sarı ve turuncu domateslerin daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Bu durumun bitki bünyesinde flavononların renk maddelerinin birikiminde rol oynaması ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda incelenen domateslerin toplam flavonoid madde miktarları 1.5-50 mg/100 g YA gibi geniş bir aralıkta yer aldığı gözlemlenebilmektedir (İlahy vd., 2011; Friedman vd., 2019; Georgaki vd., 2023). Çalışmamızda belirlenen en yüksek değer yine koyu renkli, kiraz tipi domates hatlarından 13 numaralı genotipte (35.4 mg/100 g) belirlenmiştir ve çalışmamızda belirlenen değerler literatür ile yakınlık göstermektedir. Yapılan çalışmalarda flavonoidlerin renk maddeleri ile ilişkisini ispatlamaktadır (Tsao, 2010; İlahy vd., 2011; Elbadrawy & Sello, 2016; Panche vd., 2016; Cassidy & Minihane, 2017; Friedman vd., 2019; Fernandes vd., 2021).

3.7. Likopen

Genotiplerin toplam likopen miktarları mg/100 g taze ağırlık şeklinde ifade edilmiştir. Hatlar arasında farklı renklerin olması sebebiyle likopen bakımından önemli farklar olduğu görülmektedir. En yüksek likopen miktarları koyu kırmızı ve kırmızı yeşil hatlarda gözlenmiştir. Bu hatlar sırasıyla 14, 2, 6 ve 8 numaralı olanlardır. En düşük likopen miktarına sahip hatlar ise beklendiği gibi sarı ve turuncu renkli olanlardır. Bunlar sırasıyla 16, 12, 11 ve 17 numaralı hatlar olup bunlar içerisinde koyu turuncu, kırmızıya yakın bir renk gösteren 17 numaralı genotip diğer açık renkli domateslere göre oldukça yüksek likopen içermektedir. Çalışmamızda incelenen domates hatlarının likopen içerikleri 0.31-18.6 mg/100 g arasında değişim gösterirken literatüre bakıldığında bu aralığın 0.5-25 mg/100 g arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Çalışmamız genel olarak daha önce yapılan çalışmalar ile uyum gösterse de sarı renkli domateslerin oldukça düşük miktarlarda likopen içerdiği görülmektedir (İbitoye vd., 2009; Pek vd., 2010; George vd., 2011; İlahy vd., 2011; Djidonou vd., 2016; Yang vd., 2021; Felföldi vd., 2022).

3.8. β -karoten

En yüksek β -karoten miktarı 14, 13 ve 2 numaralı hatlarda gözlemlenmiştir. En düşük değerlere sahip hatlar ise yine açık renkli domatesler olan 16, 12 ve 17 numaralı hatlardır. Toplam β -karoten miktarlarının renkle ilişkisi incelendiğinde açık renkli domatesler düşük miktarda β -karoten içerirken koyu renkli, kırmızı-yeşil renkli domatesler genel olarak yüksek miktarda β -karoten içermektedir. Çalışmamızdaki domates hatlarının β -karoten içerikleri 0.75-6.29 mg/100 g arasında

değişmektedir. Literatürde ise domateslerin β -karoten miktarları 0.3-6.2 mg/100 g arasında değiştiği görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi çalışmamızdaki turuncu renkli domateslerde likopenin aksine β -karoten miktarları yüksektir. Bu durum β -karotenin sarı, turuncu renklerle ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır (Pinela vd., 2012; Figàs vd., 2015; Djidonou vd., 2016; Kondratieva & Golubkina, 2017; Felföldi vd., 2022).

3.9. C vitamini

Domates yüksek miktarda askorbik asit içeren bir sebzedir. Domateslerin vitamin C miktarları birçok faktöre göre değişebilmektedir. Çizelge 3'te görüldüğü gibi aynı koşullarda yetiştirilen domateslerin vitamin C miktarları genetik faktörlerden etkilenerek oldukça yüksek değişimler göstermektedir. Çalışmamızda incelenen domates hatlarının askorbik asit miktarları 4.91-60 mg/100 g arasındadır. İncelenen domates hatları arasında en yüksek askorbik asit miktarına sahip olanlar 1, 20, 15 ve 2 numaralı hatlar olarak belirlenmiştir. En düşük askorbik asit miktarı ise 12, 16, 17 ve 6 numaralı hatlarda

gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre açık renkli, sarı ve turuncu domateslerin diğerlerinden daha düşük miktarda askorbik asit içerdiği görülmektedir. En düşük değer ise en açık renkli olan (sarı) 12 numaralı domateste gözlemlenmiştir. Bunun yanında en yüksek askorbik asit içeren genotipin kırmızı-yeşil renkli domateslerden olan 1 numaralı genotip olduğu belirlenmiştir. Koyu renkli olan domatesler genel olarak daha yüksek veya ortalamaya yakın askorbik asit içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan literatürde domatesin askorbik asit miktarının 15-67 mg/100 g arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Çalışmamızda literatürde belirlenen değerlerin altında askorbik asit içeren domateslerin de olduğu görülmüştür. Bu durum çalışmamızda değerlendirilen açık renkli domateslerin askorbik asit miktarlarının klasik kırmızı domateslerden oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu konuda özellikle en yüksek değeri alan domates hattında koyu renkli (kırmızı-yeşil) bir domates hattı olan 1 numaralı genotipde belirlenmesi, askorbik asit miktarı ile renk arasında bir ilişkinin olabileceğini göstermektedir (Pinela vd., 2012; Djidonou vd., 2016; Renna vd., 2019; Felföldi vd., 2022; Georgaki vd., 2023).

Çizelge 4. Biyokimyasal özelliklerin korelasyon katsayıları
Table 4. Correlation coefficients of biochemical properties

	Fenolik (mgGAE/100g)	Antioksidan (mmolTE/100g)	Flavonoid (mgC/100g)	Likopen (mg/100g)	β-karoten (mg/100g)
Antioksidan (mmolTE/100g)	0.860				
	0.000				
Flavonoid (mgGAE/100g)	0.621	0.578			
	0.000	0.000			
Likopen (mg/100g)	-0.151	-0.295	-0.127		
	0.106	0.001	0.178		
β-karoten (mg/100g)	0.334	0.164	0.238	0.633	
	0.000	0.080	0.011	0.000	
C Vitamini (mg/100g)	0.192	0.272	0.001	0.192	0.187
	0.040	0.003	0.988	0.043	0.050

Her korelasyon katsayısının altında önem dereceleri belirtilmiştir ($p < 0.05$).

Yukarıda Çizelge 4'de bileşenlerinin arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çizelgedeki her hücre, ilgili iki değişken arasındaki korelasyon katsayısını gösterirken. Çizelgedeki değerler, Pearson korelasyon katsayısına (r^2) dayanmaktadır.

Bu çizelgeye göre, farklı renk ve iriliklerdeki domateslerin fenolik ile antioksidan kapasitesi (0.86), flavonoid (0.621), β -karoten (0.334) ve vitamin C ($r^2=0.192$) arasında pozitif ve istatistiksel olarak önemli korelasyon gösterirken ($p < 0.01$), fenolik ile likopen arasında istatistiksel olarak önemsiz fakat negatif yönlü bir korelasyon vardır (-0.151).

Antioksidan kapasitesi ve fenolik madde miktarları bakımından elde edilen veriler arasında hesaplanan pearson korelasyon 0.86 olarak bulunmuş olup istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.01$). Bu değer

1'e yakınlığı iki özellik arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ve doğrusal artış sergilediklerini göstermektedir.

İkisinde renk maddesi olan likopen ve β -karoten miktarları arasında katsayısı 0.63 olan pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir (Çizelge 4).

Öte yandan, likopen değerleri ile fenolik ve antioksidan değerleri arasında düşük düzeyde negatif korelasyonlar

(-0.151 ve -0.295) gözlenmektedir. Bununla birlikte, bu korelasyonlar önemli düzeyde değildir ($p > 0.05$).

Son olarak, askorbik asit değeri ile diğer tüm değişkenler arasında düşük düzeyde pozitif korelasyonlar gözlemlenirken, sadece β -karoten değeri ile askorbik asit arasında anlamlı bir korelasyon vardır ($p < 0.05$). Çizelgede görülen değerler içerisinde en çok dikkat çeken, fenolik ve flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktiviteleri

arasında görülmektedir. Bu maddeler ayrıca kendi aralarında da önemli korelasyon göstermektedir (Četković vd., 2012).

Antosiyaninler ve renk maddeleri ile ilişkili olan flavononların ise likopen ile korelasyonu istatistiksel olarak önemli olmayıp, β -karoten ile düşükte olsa pozitif bir korelasyon gösterdiği görülmekte bu durumun ise açık

renkli domateslerin renk değerleri ortalamalarını düşürmesi ile ilişkili olduğu öngörülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda ise renk maddeleri ile flavononlar arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Manach vd., 2004; Panche vd., 2016; Cassidy & Minihane, 2017; Coyago-Cruz vd., 2019; Friedman vd., 2019).

Çizelge 5. Domates hatlarına ait kolorimetrik renk değerleri
Table 5. Colorimetric color values of tomato lines

Hat	L*	a*	b*	C*	h°					
1	35.5±0.2	D-H	16.6±0.7	E-F	17.4±0.4	E-H	24.1±0.6	F-I	46.4±1.2	F-G
2	38.0±0.8	C-E	6.3±0.7	G-H	20.8±1.3	C-F	21.8±1.3	G-I	74.8±1.4	B-C
3	37.8±0.6	C-E	27.2±1.1	B	22.6±0.7	B-C	35.4±0.8	B-C	39.6±2.7	G-I
4	39.8±0.5	C	31.4±0.9	A	26.2±0.9	B	41.0±1.0	A	39.6±1.1	G-I
5	34.7±0.9	F-H	22.8±0.3	C	17.3±1.3	F-H	28.6±0.8	D-F	37.1±1.5	I
6	35.3±0.3	D-H	20.7±0.4	C-D	17.3±0.7	E-H	27.0±0.7	D-F	39.8±0.7	G-I
7	35.2±0.6	E-H	23.0±0.6	C	17.7±0.7	D-H	29.0±0.9	D-F	37.6±0.6	I
8	37.4±0.3	C-F	22.2±0.8	C	20.5±0.5	C-F	30.2±0.8	D-E	42.7±0.8	F-I
9	38.1±0.7	C-D	21.6±1.0	C-D	21.6±1.1	C-E	30.6±1.5	C-D	45.0±0.6	F-H
10	36.3±0.5	D-H	19.7±0.5	C-E	17.7±0.8	D-H	26.6±0.8	D-G	41.5±0.6	F-I
11	36.4±0.5	D-H	7.2±0.5	G-H	19.0±0.7	C-H	20.3±0.8	H-I	69.3±1.1	C-D
12	45.4±0.5	A-B	16.6±0.6	E-F	34.7±1.0	A	38.4±1.1	A-B	64.5±0.5	D-E
13	48.1±0.9	A	1.9±0.2	I	21.8±0.7	C-D	21.9±0.7	G-I	85.6±0.5	A
14	33.9±0.3	G-H	21.8±0.8	C-D	15.7±0.5	G-H	26.9±0.9	D-G	35.9±0.5	I
15	36.7±0.9	D-G	3.6±0.6	H-I	19.0±1.3	C-H	19.3±1.3	I	81.7±2.1	A-B
16	34.1±0.3	G-H	20.9±0.8	C-D	15.1±0.6	H	25.8±1.0	D-G	35.8±0.3	I
17	35.8±0.3	D-H	9.3±1.9	G	17.5±0.7	D-H	20.2±1.5	H-I	64.4±3.8	D-E
18	36.3±0.7	D-H	17.9±0.6	D-F	19.9±1.1	C-G	26.8±1.1	D-G	47.9±1.0	F
19	33.7±0.3	H	19.9±0.7	C-E	15.5±0.6	H	25.2±0.9	E-H	37.9±0.5	H-I
20	43.1±0.5	B	15.4±0.5	F	26.5±0.7	B	30.7±0.7	C-D	59.8±0.9	E
Ort	37.6		17.3		20.2		27.5		51.3	
Max	48.1		31.4		34.7		41.0		85.6	
Min	33.7		1.9		15.1		19.3		35.8	

Aynı sütunda farklı harfleri alan domates hatlarının değerleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Yukarıdaki çizelgede domates meyvelerinin renk değerleri verilmiştir. Renk değerleri L*(parlaklık, 0-siyah, 100-beyaz), a*(kırmızı/yeşil, +a-kırmızı, -a-yeşil), b*(sarı/mavi, +b-sarı, -b-mavi), c*(doğunluk, +c-canlı, -c-donuk), hue° açı değeri (rengin niteliğini, 0°=kırmızı-pembe, 90°=sarı, 180°=yeşil, 270°=mavi), birimleri ile ifade edilmiştir.

3.10. L* parlaklık değeri

Kolorimetre yardımı ile belirlenen parlaklık değerleri incelendiğinde en yüksek parlaklık, 13, 12 ve 20 numaralı, diğer taraftan en düşük parlaklığa sahip olanların ise 19, 14 ve 16 numaralı hatlar olmuştur. Hem en yüksek hem de en düşük parlaklık değerlerine sahip olan hatlar kiraz tipi domateslerden olduğundan parlaklık ile kokteyl veya kiraz tipi domates olması arasında bir ilişki görülmemiştir. Genel olarak hatların L* değerleri 33.7 ile 48.1 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında bir çok domates hattının aynı koşullarda genetikçevre interaksyonunun incelendiği çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Sacks & Francis, 2001; Formisano vd., 2021).

Çalışma sonuçlarının domateslerin renkleri ile ilişkisini bakıldığında en yüksek değerleri gösteren üç genotipin sarı, kırmızı ve kırmızı-yeşil renklerde olduğu ve bu duruma bakılarak parlaklık değerinin görünen renklerden etkilenmeyip yüzey parlaklığı ile daha yüksek ilişkili olduğu öngörülmektedir.

3.11. a* değeri

Domates meyvelerinin kırmızı ve yeşil tonlarını belirleyen a* değeri bakımından en yüksek değerleri gösteren hatlar, 4, 3 ve 7 numaralı hatlar olmuştur. En düşük değerler ise 13, 15 ve 2 numaralı hatlarda görülmüştür. a* değerinin tanımına uygun olarak kırmızı-yeşil renkli domateslerin daha düşük değerler almış olması da bu ifade uyumludur. Bunun yanında turuncu ve sarı renkli domateslerde Çizelge 5'te görüldüğü gibi daha düşük likopen içerdiğinden kaynaklı olduğu tahmin edilerek bu hatlarında a* değerleri genel olarak daha düşüktür. Bu değerler daha önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir. En düşük değer yeşil renginden dolayı -a* değerine yakınlık gösteren 13 numaralı genotipte 1.9 olarak belirlenmiş olup benzer

çalışmalardaki değerlerin altında kalmıştır (Jing vd., 2010; George vd., 2011).

3.12. b* değeri

Sarı ve mavi renkleri ifade eden b* değeri açısından en yüksek değere sahip olan 12, 20 ve 4 numaralı hatlar olup, en düşük değere sahip olanlar ise 16, 19 ve 14 numaralı hatlar olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi b* değerinin tanımına uygun olarak sarı renkli bir kiraz domates olan 12 numaralı en yüksek değere sahip olmuştur. Bunun yanında koyu renkli, kırmızı-yeşil domates örnekleri b* değeri açısından belirgin bir dağılım göstermemiştir.

Sarı ve kırmızı renklerdeki domateslerin b* değerlerinin incelendiği bir çalışmada b* değeri sarı domates için ortalama 50, kırmızı domates için 25'tir. Çalışmamız ile kıyaslandığında makale ile benzer sonuçlar gösteren hatlar olsa da genel olarak değerler daha düşüktür. Bunun yanında daha önce yapılan çalışmalarda sarı renkli domateslerde benzer şekilde daha yüksek b* tespit edilmiştir (Jing vd., 2010; George vd., 2011).

3.13. C* değeri

Domates örneklerinin renklerinin canlılığını gösteren C* parametresine göre en yüksek değere sahip olan örnekler 4, 12, ve 3 numaralı hatlar olarak belirlenmiş olup, en düşük değerlere sahip olanlar ise 15, 17 ve 11 numaralı hatlardır. Çizelge 5'te de görüldüğü gibi genel olarak kokteyl tipi domateslerin canlılık değerleri daha yüksektir. Yine C* değeri bakımından sarı renkli bir kiraz domates olan 12 numaralı genotip genellemenin dışında en yüksek

değerlerden birine sahiptir, fakat diğer açık renklere sahip turuncu domatesler ortalamaya yakın değerler göstermektedir.

Çalışmamızda incelenen domates hatlarının C* değerlerinin literatürlerde belirtilen değerlerin altında kaldığı görülmektedir fakat benzer şekilde çalışmalarda sarı renkli domates meyvelerinin daha yüksek değerler C* değerleri gösterdiği tespit edilmiştir (Jing vd., 2010; George vd., 2011).

3.14. Hue° değeri

İncelenen domates örneklerinin renklerinin niteliğini belirten hue° açısı değeri bakımından en yüksek sonuçlar 13, 15 ve 2 numaralı hatlarda gözlemlenmiştir. Kaydedilen en düşük değerler ise 16, 14, 5 ve 7 numaralı hatlarda belirlenmiştir. Hatlar arasında hue° açısı değeri bakımından turuncu renkli kiraz tipi bir domates olan 16 numaralı genotip hariç kırmızıdan farklı renklere sahip (sarı, turuncu ve kırmızı-yeşil) domateslerin daha yüksek değerler aldıkları gözlemlenmiştir. Bu durum hue° açısı değerinin tanımına uygun olarak 0'dan uzaklaştıkça koordinat düzleminde kırmızı-pembe renklerden uzaklaşılması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Diğer renk parametrelerinin aksine bu çalışmada hue değeri bakımından en yüksek değer kırmızı-yeşil renkli bir domateste belirlenmiş olup sarı ve turuncu renkli domateslerinde yüksek değerler aldığı ama ortalamaya daha yakın olduğu öngörülmüştür (Sacks & Francis, 2001; George vd., 2011; Formisano vd., 2021).

Çizelge 6. Renk pigmentleri ile kolorimetrik renk değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

Table 6. Correlation coefficients between color pigments and colorimetric color values

	Likopen	β-karoten	L*	a*	b*	C*
β-karoten	0.686 0.001					
L*	-0.213 0.367	0.129 0.588				
a*	0.142 0.551	-0.195 0.409	-0.330 0.155			
b*	-0.213 0.366	-0.127 0.594	0.795 0.000	0.024 0.919		
C*	-0.023 0.923	-0.199 0.401	0.288 0.218	0.766 0.000	0.652 0.002	
h°	-0.190 0.423	0.139 0.559	0.593 0.006	-0.917 0.000	0.325 0.163	-0.470 0.036

Her korelasyon katsayısının altında önem dereceleri belirtilmiştir (p<0.05).

Çizelge 6'da birbirleriyle ilişkili olan farklı değişkenler arasındaki korelasyon değerleri verilmiştir Çizelgedeki her hücre, ilgili iki değişken arasındaki korelasyon katsayısını göstermekte ve değerler, Pearson korelasyon katsayısına dayanmaktadır.

Likopen değeri ile β-karoten değeri arasında yüksek bir pozitif korelasyon vardır (0.686). L* değeri ile a* ve b*

değerleri arasında düşük düzeyde negatif korelasyonlar (-0.213 ve -0.195), L* değeri ile C* değeri arasında düşük düzeyde pozitif korelasyon (0.129), a* değeri ile b* değeri arasında düşük düzeyde negatif korelasyon (-0.330), b* değeri ile C* değeri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon (0.795), C* değeri ile h* değeri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon (0.652) ve h* değeri ile L*, a*,

b* ve C* değerleri arasında düşük düzeyde korelasyonlar gözlemlenirken, β -karoten değeri ile düşük düzeyde pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Bu korelasyonlar, bu değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak ve özellikle gıda endüstrisi gibi uygulama alanlarında renk ve bileşenler arasındaki ilişkileri anlamak için önemlidir.

Çeri domateslerindeki karotenoid içeriğinin renk değerleri ile renk pigmentleri arasındaki korelasyonu incelemeyi

Çizelge 7. Domates örneklerinin mineral içerikleri

Table 7. Mineral contents of tomato samples

Hat	K (%)	P (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (mg/kg)
1	3.17	0.20	0.11	0.11	0.08	0.05	30
2	3.56	0.19	0.14	0.11	0.12	0.11	26
3	3.63	0.22	0.16	0.06	0.11	0.07	24
4	3.58	0.24	0.16	0.16	0.12	0.06	23
5	3.17	0.22	0.18	0.18	0.12	0.06	29
6	3.21	0.22	0.19	0.19	0.10	0.06	20
7	2.90	0.23	0.14	0.12	0.09	0.07	21
8	2.73	0.19	0.15	0.16	0.10	0.05	23
9	3.43	0.21	0.17	0.09	0.13	0.05	29
10	2.87	0.27	0.16	0.10	0.11	0.04	22
11	2.33	0.13	0.10	0.17	0.07	0.07	26
12	2.79	0.14	0.15	0.17	0.08	0.08	21
13	2.95	0.19	0.14	0.11	0.10	0.08	20
14	2.72	0.14	0.14	0.18	0.09	0.08	32
15	2.68	0.18	0.15	0.09	0.08	0.04	19
16	2.77	0.16	0.14	0.14	0.08	0.04	16
17	2.42	0.17	0.13	0.13	0.07	0.05	21
18	3.08	0.11	0.15	0.18	0.09	0.06	22
19	2.74	0.22	0.14	0.13	0.11	0.05	26
20	3.28	0.21	0.18	0.10	0.10	0.04	22
Ort	3.00	0.19	0.15	0.13	0.10	0.06	23.52
Max	3.63	0.27	0.19	0.19	0.13	0.11	32.30
Min	2.33	0.11	0.10	0.06	0.07	0.04	15.62

Çizelge 7'de çalışmada incelenen domates hatlarının potasyum (K), fosfor (P), kükürt (S), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve demir (Fe) içerikleri verilmiştir. K elementi bakımından en yüksek değerler 3 ve 4 numaralı hatlarda görülürken en düşük değerler 11 ve 17 numaralı hatlarda belirlenmiştir. P elementi için en yüksek değerler 10 ve 4 numaralı hatlarda, en düşük değerler 18 ve 11 numaralı hatlarda, S elementi bakımından en yüksek 6 ve 5, en düşük 11 ve 11, Ca elementi bakımından en yüksek 6, 5, 14 ve 18, en düşük 3 ve 9, Mg elementi bakımından en yüksek 9, 2, 4 ve 5, en düşük 11 ve 17, Na elementi bakımından en yüksek 2, 12, 13 ve 14, en düşük 10, 15, 16 ve 20, Fe elementi bakımından en yüksek 1 ve 14, en düşük 16 ve 15 numaralı hatlarda belirlenmiştir. Çalışmamızda belirlenen domateslerin element miktarları literatür ile uyum içerisindedir (Guil-Guerrero & Rebolloso-Fuentes, 2009; Renna vd., 2019; Formisano vd., 2021).

4. Sonuç

Bu çalışma sonuçlarına göre; koyu renkli domateslerin daha yüksek askorbik asit, flavonoid ve antioksidan kapasitesi yüksek bulunurken, açık renkli domateslerde bu değerlerin daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

amaçlayan bir çalışmada renk yüzey değeri a* ile toplam karotenoidler (0.82) ve likopen içeriği (0.87) arasında güçlü korelasyonlar bulunmuştur. Ayrıca, b* renk değeri ile β -karoten (0.86) arasında pozitif korelasyon gözlemlenmiştir. L* değeri, karotenoidlerdeki artışla negatif korelasyon (-0.78) göstermiştir. Renk değerleri L*, a*, b* ve karotenoidler arasındaki bu yakın ilişkilerin bazıları paralellik gösterse de genel olarak çalışmamızdaki korelasyon katsayılarının daha düşük olduğu görülmüştür (Pandurangaiah vd., 2020).

Özellikle askorbik asit değerleri 4.91-60.09 mg/100 g arasında değişim gösterirken, flavonoid madde miktarları ise 4.42-35.40 mgC/100 g arasında değişim göstermiştir. Kiraz ve kokteyl domatesler kıyaslandığında ise kiraz domateslerinde daha yüksek fenolik madde içerdiği belirlenmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre fenolik madde miktarları 30.25-80.91 mgGAE/100 g aralığında belirlenmiştir. Bu durum, kiraz domateslerin daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir.

Likopen ve β -karoten miktarlarının meyve renklerine bağlı olarak değiştiği belirlenmiş, buna göre likopen miktarı 0.31-18.6, β -karoten miktarları ise 0.75-6.29 aralığında belirlenmiştir. Turuncu domatesler yüksek miktarda β -karoten içermekte olup göz sağlığı üzerine olumlu etkileri olan bu fitokimyasalın alımında turuncu renkli domatesler değerli materyaller olduğunu göstermektedir.

Fonksiyonel gıdalarda önemli olan diğer bir kriterde tüketilen meyve ve sebzelerin mineral madde içerikleri olup, besleyicilik açısından önemli olduğu birçok araştırmayla belirlenmiştir. Potasyum elementinin domates meyvelerinin renkleri ile ilişkisi incelendiğinde koyu renkli domatesler kırmızı domateslerden kesin olarak

ayrılmasa da daha yüksek, açık renkli domatesler ise genellikle daha düşük değerler göstermektedir. S ve Mg elementlerinin açık renkli domateslerde daha düşük olduğu düşünülmektedir. P, Ca, Na, ve Fe elementlerinin renklerle ilişkisi gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak koyu renkli domateslerin insan beslenmesindeki önemli olduğu bu bağlamda yapılacak ıslah çalışmalarında bu tip domateslerin özellikle mini segment olarak adlandırılan kiraz ve kokteyl grubu domateslerin öneminin artacağı düşünülmektedir. Bu tip araştırmaların kapsamı genişletilerek, araştırma sonuçlarının genetik tabanının incelenmesi ve bu tiplerin ıslah çalışmalarında kullanımı için daha detaylı bilgilerin ortaya konulması gerekmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Gülnur AYDIN tarafından hazırlanan “Bazı Kiraz ve Kokteyl Domates Hatlarının Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi” isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Abdelrazig, H. E., Musa, M. I., & Elsheikh, S. E. (2018). Value chain analysis for tomato production and marketing in khartoum state, sudan. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 5(4), 715-721.
- Ahrzazem, O., Gómez-Gómez, L., Rodrigo, M. J., Avalos, J., & Limón, M. C. (2016). Carotenoid cleavage oxygenases from microbes and photosynthetic organisms: features and functions. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(11), 1781. <https://doi.org/10.3390/ijms17111781>
- Alhaithloul, H. A., Galal, F. H., & Seufi, A. M. (2021). Effect of extreme temperature changes on phenolic, flavonoid contents and antioxidant activity of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum L.*). *Plant Biology*, 9, e11193.
- Anıl, M. (2006). Antioksidan Olarak Tahıllar Hububat (2006) - *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*. 7-8 Eylül, Gaziantep.
- Badin, E. E., Quevedo-Leon, R., Ibarz, A., Ribotta, P. D., & Lespinard, A. R. (2021). Kinetic modeling of thermal degradation of color, lycopene, and ascorbic acid in crushed tomato. *Food and Bioprocess Technology*, 14(2), 324-333.
- Baykal, N. (2020). Güney Amerika'dan sofralarımıza domatesin yolculuğu. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/domatesin-yolculugu>. (Son erişim tarihi: 05 Kasım 2022)
- Bener, M., Şen, F. B., Önem, A. N., Bekdeşer, B., Çelik, S. E., Lalikoglu, M., Aşçı, Y. S., Capanoglu, E., & Apak, R. (2022). Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from by-products of Turkish hazelnut (*Corylus avellana L.*) using natural deep eutectic solvents: Modeling, optimization and phenolic characterization. *Food Chemistry*, 385, 132633.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Butt, M. S., Nazir, A., Sultan, M. T., & Schroën, K. (2008). Morus alba L. nature's functional tonic. *Trends in Food Science & Technology*, 19(10), 505-512.
- Călinoiu, L. F., & Vodnar, D. C. (2018). Whole grains and phenolic acids: A review on bioactivity, functionality, health benefits and bioavailability. *Nutrients*, 10(11), 1615. <https://doi.org/10.3390/nu10111615>
- Campos-Lozada, G., Perez-Marroquin, X. A., Callejas-Quijada, G., Campos-Montiel, R. G., Morales-Peñaloza, A., León-López, A., & Aguirre-Álvarez, G. (2022). The effect of high-intensity ultrasound and natural oils on the extraction and antioxidant activity of lycopene from tomato (*Solanum lycopersicum*) waste. *Antioxidants*, 11(7), 1404.
- Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., & De Vos, R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964-973.
- Carbajal-Vázquez, V. H., Gómez-Merino, F. C., Alcántar-González, E. G., Sánchez-García, P., & Trejo-Tellez, L. I. (2022). Titanium increases the antioxidant activity and macronutrient concentration in tomato seedlings exposed to salinity in hydroponics. *Plants*, 11(8), 1036.
- Cárdenas-Castro, A. P., Zamora-Gasga, V. M., Alvarez-Parrilla, E., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Venema, K., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2021). In vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) and husk tomato (*Physalis ixocarpa Brot.*): Phenolic compounds released and bioconverted by gut microbiota. *Food Chemistry*, 360, 130051.
- Chattopadhyay, T., Hazra, P., Akhtar, S., Maurya, D., Mukherjee, A., & Roy, S. (2021). Skin colour, carotenogenesis and chlorophyll degradation mutant alleles: genetic orchestration behind the fruit colour variation in tomato. *Plant Cell Reports*, 40(5), 767-782. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02650-9>
- Carrillo-Rodriguez, J. C., Valdez-Torres, J. B., Villarreal-Romero, M., Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E., & Martinez-Espinosa, J. C. (2018). Genetic variation of fruit quality traits and their relationships with yield in tomato (*Solanum lycopersicum L.*) genotypes. *HortScience*, 53(9), 1217-1223.
- Cassidy, A., & Minihane, A. M. (2017). The role of metabolism (and the microbiome) in defining the clinical efficacy of dietary flavonoids. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 105(1), 10-22.
- Causse, M., Saliba-Colombani, V., Lecomte, L., Duffe, P., Rousselle, P., & Buret, M. (2002). "QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: A few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits". *Journal of Experimental Botany*, 53(377), 2089-2098.
- Ćetković, G., Savatović, S., Čanadanović-Brunet, J., Djilas, S., Vulić, J., Mandić, A., & Četojević-Simin, D. (2012). Valorisation of phenolic composition, antioxidant and cell growth activities of tomato waste. *Food Chemistry*, 133(3), 938-945. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.007>
- Cornelli, U. (2009). Antioxidant use in nutraceuticals. *Clinics in Dermatology*, 27(2), 175-194. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.01.010>
- Coyago-Cruz, E., Corell, M., Moriana, A., Mapelli-Brahm, P., Hernanz, D., Stinco, C. M., Beltrán-Sinichiguano, E., & Melendez-Martínez, A. J. (2019). Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. *Food Chemistry*, 277, 480-489.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014.
- Djidonou, D., Simonne, A. H., Koch, K. E., Brecht, J. K., & Zhao, X. (2016). Nutritional quality of field-grown tomato fruit as affected by grafting with interspecific hybrid rootstocks. *Hort Science*, 51(12), 1618-1624.
- Dono, G., Ravblat, J. L., Frusciant, S., Granel, A., Doretto, G., & Mazzucato, A. (2020). Color mutations alter the biochemical composition in the San Marzano tomato fruit. *Metabolites*, 10(3), 110.
- Durmuş, M., Yetgin, Ö., Abed, M. M., Haji, E. K., & Akcay, K. (2018). Domates bitkisi, besin içeriği ve sağlık açısından değerlendirmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2), 59-74.
- Elbadrawy, E., & Sello, A. (2016). Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, 1010-1018. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.11.011>
- Erdoğan, Ü., & K. Erdoğan, G. (2022). Uluf (Avena sativa L.) Tanelerinin ultrasonik destekli etanolik ekstraksiyonunun toplam antioksidan kapasitesi, radikal süpürücü aktivitesi ve yağ asidi

- kompozisyonunun belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2), 326-334. <https://doi.org/10.18016/ksturimdogavi.1111915>
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Son erişim tarihi: 03 Ekim 2022).
- Felföldi, Z., Ranga, F., Roman, I. A., Sestras, A. F., Vodnar, D. C., Prohens, J., & Sestras, R. E. (2022). Analysis of physico-chemical and organoleptic fruit parameters relevant for tomato quality. *Agronomy*, 12(5), 1232.
- Fernandes, I., Leça, J. M., Aguiar, R., Fernandes, T., Marques, J. C., & Cordeiro, N. (2021). Influence of crop system fruit quality, carotenoids, fatty acids and phenolic compounds in cherry tomatoes. *Agricultural Research*, 10, 56-65.
- Fernandez-Panchon, M. S., Villano, D., Troncoso, A. M., & Garcia-Parrilla, M. C. (2008). Antioxidant activity of phenolic compounds: from in vitro results to in vivo evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(7), 649-671. <https://doi.org/10.1080/10408390701761845>
- Fernandez-Ruiz, V., Olives, A. I., Camara, M., Sanchez-Mata, M. C., & Torija, M. E. (2011). Mineral and trace elements content in 30 accessions of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) and wild relatives (*Solanum pimpinellifolium* L., *Solanum cheesmaniae* L. Riley, and *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M. Spooner). *Biological Trace Element Research*, 141, 329339.
- Figàs, M. R., Prohens, J., Raigón, M. D., Fita, A., García-Martínez, M. D., Casanova, C., Borràs, D., Plazas, M., Andújar, I., & Soler, S. (2015). Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chemistry*, 187, 517-524. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.083>
- Ford, N. A., & Erdman, J. W. (2012). Are lycopene metabolites metabolically active?. *Acta Biochimica Polonica*, 59(1), 1-4.
- Formisano, L., Ciriello, M., El-Nakhel, C., Poledica, M., Starace, G., Graziani, G., & Roupheal, Y. (2021). Pearl grey shading net boosts the accumulation of total carotenoids and phenolic compounds that accentuate the antioxidant activity of processing tomato. *Antioxidants*, 10(12), 1999.
- Fraser, P. D., & Bramley, P. M. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43(3), 228-265.
- Fiedman, M., Kozukue, N., Mizuno, M., Sakakibara, H., Choi, S., Fujitake, M., & Land, K. M. (2019). The analysis of the content of biologically active phenolic compounds, flavonoids, and glycoalkaloids in harvested red, yellow, and green tomatoes, tomato leaves, and tomato stems. *Current Topics in Phytochemistry*, 15, 43-53.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(5), 609-617.
- Georgaki, E., Nifakos, K., Kotsiras, A., Fanourakis, D., Tsaniklidis, G., Delis, C., & Spiliopoulos, I. K. (2023). Comparison of nutrient composition and antioxidant activity of hydroponically grown commercial and traditional greek tomato cultivars. *Horticulturae*, 9(2), 163.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S., & Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84(1), 45-51. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00165-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00165-1)
- George, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E., & Caris-Veyrat, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124(4), 1603-1611.
- Giorio, G., Yildirim, A., Stigliani, A. L., & D'Ambrosio, C. (2013). Elevation of lutein content in tomato: a biochemical tug-of-war between lycopene cyclases. *Metabolic Engineering*, 20, 167-176.
- Giuliano, G., Bartley, G. E., & Scolnik, P. A. (1993). Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato development. *The Plant Cell*, 5(4), 379-387.
- Grozeva, S., Nankar, A. N., Ganeva, D., Tringovska, I., Pasev, G., & Kostova, D. (2020). Characterization of tomato accessions for morphological, agronomic, fruit quality and virus resistance traits. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(4), 476-489. <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0030>
- Guil-Guerrero, J. L., & Rebollosa-Fuentes, M. M. (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(2), 123-129.
- Ho, L. C. (1996). The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany*, 47(3), 1239-1243.
- Ibitoye, D. O., Akin-Idowu, P. E., & Ademoyegun, O. T. (2009). Agronomic and lycopene evaluation in tomato (*Lycopersicon lycopersicum* Mill.) as a function of genotype. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(5), 892-895.
- Ilahy, R., Hdidder, C., Lenucci, M. S., Tlili, I., & Dalessandro, G. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4-5), 588-595.
- Islam, M. S., Mohanta, H. C., Ismail, M. R., Rafii, M. Y., & Malek, M. A. (2012). Genetic variability and trait relationship in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme (Dunal) A. Gray). *Bangladesh Journal of Botany*, 41(2), 163-167.
- Jing, H., Lihong, G., Xiaowei, T., & Mingchi, L. (2010). Comparison in quality characters of five different tomato cultivars. *Acta Horticulturae*, 856, 133-140. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.856.17>
- Kaur, D., Wani, A. A., Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. (2008). Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chemistry*, 108(2), 711-718.
- Kim, D. O., & Lee, C. Y. (2004). Comprehensive study on vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 253-273. <https://doi.org/10.1080/10408690490464960>
- Kondratieva, I. Y., & Golubkina, N. A. (2017). Lycopene and β-carotene in tomato. *Vegetable Crops of Russia*, (4), 80-83.
- Lavelli, V., & Torresani, M. C. (2011). Modelling the stability of lycopene-rich by-products of tomato processing. *Food Chemistry*, 125(2), 529-535.
- Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., Rao, Z., Du, L., Zhao, R., Yi, M., Wan, Q., & Zhou, Y. (2021). Tomato and lycopene and multiple health outcomes: umbrella review. *Food Chemistry*, 343, 128396. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128396>
- Mamay, M., & Yanik, E. (2012). Şanlıurfa'da domates alanlarında domates güvesi [Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)]'nin ergin popülasyon gelişimi. *Türk Entomol Bülteni*, 2(3), 189-198.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Mc Guire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Horticultural Science*, 27(12), 1254-1255.
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H., & Parajó, J. C. (2001). Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72(2), 145-171.
- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Journal of Japan Food Industry Association*, 39(10), 925-928. <https://doi.org/10.136/nskkk1962.39.925>
- Nakilcioglu-Taş, E., & Ötleş, S. (2020). Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(2), 1-9.
- Nayak, A., & Bhushan, B. (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of Environmental Management*, 233, 352-370.
- Nichenametla, S. N., Taruscio, T. G., Barney, D. L., & Exon, J. H. (2006). A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 161-183.
- Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X., Nieder, R., Benbi, D. K., & Reichl, F. X. (2018). Macro- and secondary elements and their role in human health. In *Soil components and human health*. (pp. 257-315)
- Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C., & Pogson, B. J. (2015). Carotenoid metabolism in plants. *Molecular Plant*, 8(1), 68-82.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, E47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>

- Pandurangaiah, S., Sadashiva, A. T., Shivashankar, K. S., SudhakarRao, D. V., & Ravishankar, K. V. (2020). Carotenoid content in cherry tomatoes correlated to the color space values L*, a*, b*: a non-destructive method of estimation. *Journal of Horticultural Sciences*, 15(1), 27-34.
- Pek, Z., Helyes, L., & Lugasi, A. (2010). Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. *HortScience*, 45(3), 466-468.
- Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2012). Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer's varieties in Northeastern Portugal homegardens. *Food and Chemical Toxicology*, 50(3-4), 829-834.
- Proteggente, A. R., Pannala, A. S., Paganga, G., Buren, L. V., Wagner, E., Wiseman, S., & Rice-Evans, C. A. (2002). Düzenli olarak tüketilen meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitesi, fenolik ve C vitamini kompozisyonlarını yansıtır. *Serbest Radikal Araştırması*, 36(2), 217-233.
- Rapoport, A., Guzhova, I., Bernetti, L., Buzzini, P., Kieliszek, M., & Kot, A. M. (2021). Carotenoids and some other pigments from fungi and yeasts. *Metabolites*, 11(2), 92. <https://doi.org/10.3390/metabo11020092>
- Renna, M., D'Imperio, M., Gonnella, M., Durante, M., Parente, A., Mita, G., Santamaria, M., & Serio, F. (2019). Morphological and chemical profile of three tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces of a semi-arid mediterranean environment. *Plants*, 8(8), 273.
- Sacks, E. J., & Francis, D. M. (2001). Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(2), 221-226.
- Sainju, U. M., Dris, R., & Singh, B. (2003). Mineral nutrition of tomato. *Food, Agriculture and Environment*, 1(2), 176-183.
- Sana, B., S. Mimouna, M., Chemek, A., Ostertag, M., & Cohen, I. (2020). Messaoudi Disruption of bone zinc metabolism during postnatal development of rats after early life exposure to cadmium. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1218 <https://doi.org/10.3390/ijms21041218>
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287-306.
- Serio, F., Ayala, O., Bonasia, A., & Santamaria, P. (2006). Antioxidant properties and health benefits of tomato. In *Recent Progress in Medicinal Plants Search for Natural Drugs*. (pp. 159-179)
- Sharma, P., Roy, M., & Roy, B. (2021). Assessment of lycopene derived fresh and processed tomato products on human diet in eliminating health diseases. *International Journal of Plant & Soil Science*, 33(17), 165-172.
- Sommer, N. G., Hirtzberger, D., Paar, L., Berger, L., Čwieka, H., Schwarze, U. Y., Herber, V., Okutan, B., Bodey, A. J., Römer, R. W., Plumhoff, B. Z., Löffler, J. F., & Weinberg, A. M. (2022). Implant degradation of low-alloyed Mg-Zn-Ca in osteoporotic, old and juvenile rats. *Acta Biomaterialia*, 147, 427-438. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.05.041>
- Strain, J. S., & Cashman, K. D. (2009). Minerals and trace elements. In *Introduction to Human Nutrition*. (pp. 188-237)
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of prunus domestica. I-the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63-68.
- Szabo, K., Diaconeasa, Z., Cătoi, A. F., & Vodnar, D. C. (2019). Screening of ten tomato varieties processing waste for bioactive components and their related antioxidant and antimicrobial activities. *Antioxidants*, 8(8), 292. <https://doi.org/10.3390/antiox8080292>
- Tigchelaar, E. C. (1986). Tomato breeding. In *Breeding Vegetable Crops*. (pp. 135-166)
- Trombino, S., Cassano, R., Procopio, D., Di Gioia, M. L., Barone, E. (2021). Valorization of tomato waste as a source of carotenoids. *Molecules*, 26(16), 5062. <https://doi.org/10.3390/molecules26165062>
- Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246. <https://doi.org/10.3390/nu2121231>
- Vági, E., Simándi, B., Vásárhelyine, K. P., Daood, H., Kery, Á., Doleschall, F., & Nagy, B. (2007). Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids, tocopherols and sitosterols from industrial tomato by-products. *The Journal of Supercritical Fluids*, 40(2), 218-226.
- Vega-López, B., Carvajal-Miranda, Y., Brenes-Peralta, L., Gamboa-Murillo, M., Venegas-Padilla, J., Rodríguez, G., Jiménez-Bonilla, P., & Álvarez-Valverde, V. (2022). Phytonutraceutical evaluation of five varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) during ripening and processing. *LWT*, 164, 113592. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113592>
- Wang, C., Wu, H., Liu, Z., Barrow, C., Dunshea, F., & Suleria, H. A. (2022). Bioaccessibility and movement of phenolic compounds from tomato (*Solanum lycopersicum*) during in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Food & Function*, 13(9), 4954-4966.
- Yang, C., Jiang, X., Ma, L., Xiong, W., Zhang, S., Zhang, J., & Zhang, L. (2021). Carotenoid composition and antioxidant activities of Chinese orange-colored tomato cultivars and the effects of thermal processing on the bioactive components. *Journal of Food Science*, 86(5), 1751-1765.
- Yang, X., Zhao, Y., Yang, Y., & Ruan, Y. (2008). Isolation and characterization of immunostimulatory polysaccharide from an herb tea, *Gynostemma pentaphyllum* Makino. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 6905-6909.
- Yesdhanulla, S., & Aparna, B. (2018). Marketing channels and price spread of tomato in chittoor district of andhra pradesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 873-876.
- Yin, M., Chen, M., Li, Z., Matsuoka, R., Xi, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2023). The valuable and safe supplement of macro-and trace elements to the human diet: Capelin (*Mallotus villosus*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104996. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104996>
- Zhang, Y., Ntagkas, N., Fanourakis, D., Tsaniklidis, G., Zhao, J., Cheng, R., & Li, T. (2021). The role of light intensity in mediating ascorbic acid content during postharvest tomato ripening: A transcriptomic analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 180, 111622.



Burdur İli Bağ Alanlarındaki Böcek Faunasının Saptanması

Fahriye Nur GÖKSEL^{1*}, Recep AY¹, Bülent YAŞAR¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar: fahriyenur15@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 18/09/2023

Kabul tarihi: 27/10/2023

Anahtar Kelimeler: Bağcılık, Böcek, Burdur, Tuzak, Yararlı, Zararlı

DOI: 10.55979/tjse.1362660

ÖZET

Tarım ürünlerinin üretimi sırasında ekonomik kayıp oluşturan zararlı türlerle etkili bir mücadele yapmak için zararlı faunasının bilinmesi önemlidir. Bu çalışma kapsamında 2021-2022 yılları arasında, Burdur ilinde bağcılığın yaygın olarak yapıldığı Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer köylerindeki bağ alanlarındaki zararlı olan türler belirlenmiştir. Çalışmada böcekleri yakalamada gözle kontrol yöntemi, elle toplama yöntemi ve feromon tuzağı kullanılmıştır. Belirtilen bölgede Insecta sınıfına ait 32 tür ve 11 avcı tür olmak üzere toplam 43 tür saptanmıştır. Bunlardan bağlarda ekonomik düzeyde zararlı olan türler; Tortricidae familyasından *Lobesia botrana*, Cicadellidae familyasından *Empoasca decipiens*, Coccidae familyasından *Parthenolecanium corni*, Cydnidae familyasından *Trigomaster bicolor*, Scarabaeidae familyasından *Tropinota hirta*, Melolanthidae familyasından *Polyphylla fullo*, Curculionidae familyasından *Otiorrhynchus* sp., Cerambycidae familyasından *Chlorophorus varius*, Tenebrionidae familyasından *Opatrum sabulasum*, *Zophosis punctata* ve *Pimelia verrucifera*’dır. *Lobesia botrana* türü Burdur ilinde tuzakların asıldığı Yassıgüme, Hacılar ve Yazıköy olmak üzere 3 köyde de saptanmıştır. Burdur da bağcılığın yoğun yapıldığı alanlardaki bağ alanlarında bulunan böcekler saptanarak ortaya konulmuştur. Burdur ili bağ alanlarında zararlı türler ile doğru bir mücadele stratejisi oluşturmak için temel veriler elde edilmiştir.

Detection of Insect Fauna in Burdur Provincial Vinery Areas

ARTICLE INFO

Received: 18/09/2023

Accepted: 27/10/2023

Keywords: Viticulture, Insect, Burdur, Trap, Useful, Pest

DOI: 10.55979/tjse.1362660

ABSTRACT

It is important to know the pest fauna to effectively control of pest that cause economic loss during the production of agricultural products. Within the scope of this study, harmful species were determined in the vineyard areas of Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy, and Düğer villages where viticulture is common between 2021-2022 in Burdur province. The study used visual control, hand collection, and pheromone traps to catch insects. A total of 43 species, including 32 species and 11 predatory species belonging to the Insecta class, were identified in the specified region. Species that are economically harmful in vineyards; *Lobesia botrana* from Tortricidae family, *Empoasca decipiens* from Chrysomelidae family, *Parthenolecanium corni* from Coccidae family, *Trigomaster bicolor* from Cydnidae family, *Tropinota hirta* from Scarabaeidae family, *Polyphylla fullo* from Melolanthidae family, *Otiorrhynchus* sp., from family Curculionidae, *Chlorophorus varius* from Cerambycidae family, *Opatrum sabulasum*, *Zophosis punctata* ve *Pimelia verrucifera* from Tenebrionidae family. *Lobesia botrana* was also detected in 3 villages, namely Yassıgüme, Hacılar and Yazıköy, where traps were hung in the province of Burdur. The insects found in the vineyard areas in the areas where intensive viticulture is practiced in Burdur were identified and revealed. Basic data were obtained in order to establish a correct control strategy against pest species in the vineyards of Burdur province.

1. Giriş

Uygun ve elverişli yetiştirme olanaklarına sahip olan Türkiye’de bağcılık eski ve köklü bir kültüre sahiptir. Üzüm, iklim ve toprak yönünden fazla seçici olmaması ve alternatif değerlendirme olanaklarına sahip olması nedeniyle dünyada ve Türkiye’de yaygın kültür bitkilerinden biridir (Semerci vd., 2015).

Bağcılık için bildirilen en elverişli iklim kuşağı üzerinde yer alan ülkemiz; çok zengin bir asma gen potansiyeline sahiptir (Kısmalı, 1980). Üzüm çoğaltma yöntemlerinin kolay olması ve birçok farklı alanda değerlendirilebilir

olmasından dolayı yaygın bir kültür bitkisidir. Türkiye’de üzüm yaş, kuru, sofralık, sirke, pekmez, şaraplık vb. olmak üzere birçok alanda tüketilmektedir. Ayrıca ikinci bir ürün olarak asma yaprağında da salamura yapılmaktadır. Ülkemizde asma bahçelerinin miras yoluyla paylaşılması, bakımsızlık ve bağ alanlarında bulunan zararlılar nedeniyle asma ağaçlarının üzüm veriminde düşmeler yaşanmaktadır (Seçkin, 2011). Asmanın tomurcuk zamanından üzüm hasadına kadar birçok zararlı yer almaktadır. Bilhassa zararlılar ile mücadelede kullanılan kimyasalların hasat döneminde uygulanmasıyla meyvelerde kalıntı problemi ortaya çıkmakta insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir. Türkiye’de bağ alanlarında zararlıları

tespit etmek ve onların zararı ekonomik zarar seviyesinin altında tutmak için çalışmalar yürütülmektedir.

Türkiye’de bağcılık sektörü önemli bir yere sahiptir. Bağ Yetiştiriciliği; tarla, meyve ve sebze tarımı yapılamayan eğimli arazilerde kurulabildiğinden bu gibi atıl kalmış alanların değerlendirilmesi, erozyondan korunması ve buralarda yaşayan insanlar için bir geçim kaynağı olması açısından da önemli bir yere sahiptir. Üreticinin geçimi için önemli bir rol oynayan bağcılık faaliyeti ayrıca ülkemizin ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır (Gözener vd., 2014).

Bağ alanlarında yürütülen çalışmalarda ekonomik zarara sebep olan başlıca zararlılar; *Lobesia botrana* (Salkım güvesi), *Polyphylla fullo* (Haziran böceği), *Melolontha melolontha* (Mayıs böceği), *Eriophyes vitis* (Bağ uyuzu), *Tetranychus urticae* (İki noktalı kırmızı örümcek), *Arboridia adanae* (Bağ üvezi), *Otiorthynchus* sp. (Maymuncuklar), *Planococcus citri* (Turunçgil unlu biti), *Empoasca decipiens* (Yaprak piresi), *Empoasca decedens* (Yaprak piresi), *Arboridia decedens* (Bağ üvezi), *Viteus vitifolii* (Fileksera), *Anaphothrips vitis* (Bağ tripsi), *Thrips tabaci* (Tütün tripsi), *Drepanothrips reuteri* (Bağ tripsi), *Frankliniella occidentalis* (Çiçek tripsi), *Mycterothrips albicornis* (Bağ tripsi), *Haplothrips aculeatus*, *Haplothrips globiceps*, *Haplothrips reuteri*’dir (Türkmenoğlu, 1967; Kısakürek, 1972; İren, 1972; Erkan vd., 1998; Özdemir vd., 2005; Mamay & Çakır, 2014; Muştı & Altınok, 2015; Aslan & Candan, 2018).

Burdur da bağcılık yöresel anlamda gelişmiş durumdadır. Bağcılık genel anlamda geleneksel olarak alçak sistemlidir ve gooble terbiye sistemi uygulanmaktadır. Burdur ilinde Dimrit çeşidi ve Razaka çeşidi yaygın bir şekilde üretilmektedir. Burdur Dimriti üzüm çeşidi, ildeki üzüm üretiminin %60’ını oluşturmaktadır. Burdur’da üzüm yetiştiriciliği bahar döneminde başlayarak, sonbaharda üzüm hasadına kadar devam etmektedir. İldeki üreticiler üzümü birçok alanda değerlendirmektedir. Üzümü yaş, kuru, sofralık, pekmez ve sirke olarak değerlendirirken, yaprağını yaş ve salamura olarak pazarlamaktadırlar.

Burdur ilinde TÜİK 2019 yılın verilerine göre toplam 10 000 tona yakın üzüm üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de Burdur ili kurutmalık çekirdeksiz üzüm üretimi yapılan 12 il arasında yer almaktadır. Yıllık 1000 tona yakın kurutmalık üzüm üretilmektedir (TÜİK, 2019).

Türkiye’de bağ alanlarında zararlılar hakkında birçok çalışma olmasına karşılık Burdur ili bağ alanlarında zararlıların tespitine yönelik çok fazla bir çalışmaya rastlanılmaması nedeniyle bu çalışma ele alınmıştır. Bağcılığın önemli bir yere sahip olduğu bilinen Burdur ilinde böyle bir çalışmanın yapılması, bu çalışmadan elde edilen sonuçların, ileride bu konuda yapılacak olan çalışmalar için alt yapı oluşturması amaçlanmıştır.

Çalışmanın temelini Burdur ili bağ alanlarının yaygın olduğu 6 köy olan Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer köylerinde örneklerin toplanması, uzmanlar tarafından teşhisi ve gerekli bilgilerin öğrenilmesi oluşturmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2021-2022 yılları arasında yapılan bu çalışma kapsamında Burdur ilindeki bağcılığın yaygın olarak yapıldığı Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer köylerindeki bağ alanlarına gidilerek örnekler alınmıştır. Düzenlenen sörvey çalışmalarında toplanan örnekler uzmanlar tarafından teşhis edilmiş, zararlı ve yararlı böcek türleri saptanmıştır.

2.1. Bağ alanlarında örneklerin toplanması ve uzmanlar tarafından teşhisi

Sörvey çalışması için bağcılığın yoğun olarak yapıldığı bölgedeki toplam 6 köye en az üçer kez gidilmiştir. Bağ alanlarına bölgenin mevsimsel özellikleri ve asmaların fenolojik dönemleri esas alınarak bir yıl boyunca asmaların tomurcuk, koruk, üzümün olgunlaşma dönemi ve kış aylarında bağ alanlarını ziyaret edilerek gerekli örneklemeler yapılmıştır ve örnekleme yapılan bağlarda üzüm çeşitleri kayıt edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Örneklerin toplandığı bağ alanları
Table 1. Vineyard areas where samples were collected

Bağ alanının bulunduğu yer
Kuruçay \ BURDUR
Akyaka \ BURDUR
Yassıgüme \ BURDUR
Hacılar \ BURDUR
Yazıköy \ BURDUR
Düğer \ BURDUR

2.2. Gözle Kontrol Yöntemi

Gidilen her bağ alanında araziyi temsil edecek şekilde kenarlar ve orta sıradan 2-3’er asma atlanarak arazi büyüklüğüne göre 10-15 asmaya bakılmıştır. Arazi çalışmalarında bitki materyali olarak yaprak, dal, gövde ve kök bölgesi çıplak gözle ve lupla kontrol edilerek örnekler alınmıştır.

2.3. Elle Toplama

Aspiratör veya emme tüpü yardımıyla yakalama: asmanın üzerinde dinlenme veya beslenme halinde olan böceklerin kondukları yerden doğrudan yakalanmasında kullanılmıştır.

Bitki materyalini koparma suretiyle toplama: koparılmasına izin verilen asmaların yaprakları üzerinde dinlenmekte ve beslenmekte olan böcekler yapraklarla koparılıp poşet veya gazete kâğıtları arasına konulmuştur.

İnce uçlu fırça yardımıyla: koparılmasına izin verilmeyen asmalarda dinlenmekte ve beslenmekte olan bazı türler bitki üzerinden fırça yardımıyla küçük falkon tüplere alınmıştır.

Bıçak yardımıyla: Asmaların gövdelerinde bulunan kabuklu bitler bıçak yardımıyla çıkartılarak %70’ lik alkol bulunan falkon tüplerine alınmıştır.

2.4. Pasif toplama

Tuzakla yakalama: Burdur ilinde ilaçlamanın yapılmadığı veya daha az ilaçlamanın yapıldığı Kuruçay, Yazıköy, Yassıgüme ve Hacılar köylerinin her birine birer tane Salkım Güvesi (*Lobesia botrana*) feromon tuzağı asılarak erginlerin yakalanması sağlanmıştır. *Lobesia botrana* feromon tuzağı astığımız köylerde salkım güvesinin saptamak için asılmıştır.

2.5. Böceklerin tanılanması

Bağ alanlarından toplanan böcekler laboratuvara getirilerek ayrımları yapılmıştır. Canlı böcekler %70' lik alkol bulunan şişelere konularak öldürülmüştür. Öldürüldükten sonra büyük olanlar iğnelenmiş, küçük olanlar üçgen kesilmiş kâğıtlara yapıştırılmış. Kabuklu bitler %70'lik alkol bulunan falkon tüplere konularak saklanmıştır. Tuzak içerisinde ölü olarak yakalanan böcekler ise içerisine nemli peçete yerleştirilerek petri kabına konulup yumuşayınca iğneleme işleme yapılmıştır.

Laboratuvarda ayrımı yapılan örneklerin üzerlerine etiket bilgisi olarak toplandığı yer ve tarih yazılmıştır. Ayrıca GPS (Global Positioning System) yer belirleme aleti ile koordinatları belirlenerek arazi defterine de örneklerin toplandığı yer, tarih, koordinat ve diğer bilgiler kaydedilmiştir.

Coccidae familyası türünün teşhisini Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Bülent YAŞAR; Chrysomelidae familyası türlerinin teşhisini Süleyman Demirel Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ebru Gül ASLAN; Attebalidae familyası türünün teşhisini Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Tülin

AKŞİT; Cicadellidae familyasını türlerinin teşhisini Adnan Menderes Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Hüseyin BAŞPINAR; Pentamidae familyası ve *Cyndae* familyası türlerinin teşhislerini Trakya Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Meral FENT; Apidae familyası türünün teşhisini Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mahmut Murat ARSLAN; Tenebrionidae familyası türlerinin teşhisini Ege Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Bekir KESKİN; Curculionidae familyası türlerinin teşhislerini Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Osman SERT; Forficulidae familyası, Tenebrionidae familyası, Scarabaeidae familyası, Issidae familyası, Syrphidae familyası, Melalanthidae familyası Buprestidae familyası, Oniscidae familyası, Cixidae familyası, Cerambycidae familyası, Tentredinidae familyası, Carabidae familyası, Elateridae familyası, Pyrrhocoridae familyası, Rhoporidae familyası, Coccinellidae familyası, Anthocoridae familyası ve Chrysopidae familyası türlerini teşhislerini Fırat Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. İnanç ÖZGEN tarafından yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Burdur ilindeki bağcılığın yaygın olarak yapıldığı Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğger köylerindeki bağ alanlarında 2021-2022 yılları arasında yapılan çalışma sonuçlarına göre Insecta sınıfına ait 43 tür saptanmıştır. Bu türlerden 3 tür cins seviyesinde tespit edilirken, 11 tür avcı tür olarak belirlenmiştir. Mevcut örnekleme yöntemine göre çalışma sonucunda elde edilen türler Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Burdur ili bağ alanlarında bulunan türlerin listesi
Table 2. List of species found in the vineyard areas of Burdur province

SINIF: INSECTA		
Takım	Familiya	Tür
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Lobesia botrana</i> (Den.et Schiff.)
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Oulema melanopus</i> (Linnaeus) <i>Clytra quadripunctata</i> (Linnaeus)
	Attebalidae	<i>Rhynchites hungaricus</i> Desbr.
	Tenebrionidae	<i>Lagria hirta</i> (Linnaeus) <i>Opatrum sabulosum</i> (Linnaeus) <i>Pimelia verrucifera</i> Solier <i>Zophosis punctata</i> Brulle <i>Blaps lethifera</i> Marsham
	Elateridae	<i>Drasterius bimaculatus</i> (Rossi)
	Scarabaeidae	<i>Tropinota hirta</i> Poda <i>Protaetia cuprea</i> (Fabricius) <i>Oxythyrea cinctella</i> (Schaum)
	Melolanthidae	<i>Polyphylla fullo</i> (Linnaeus)
	Buprestidae	<i>Agrilus roscidus</i> Kiesenwetter <i>Capnodis tenebrionis</i> (Linnaeus)
	Cerambycidae	<i>Chlorophorus varius</i> (Müller)
	Curculionidae	<i>Psalidium maxillosum</i> Schoenherr <i>Otiorhynchus</i> sp. (Germar) <i>Lixus</i> sp. Fabricius
	Hymenoptera	Tenthredinidae
Apidae		<i>Apis mellifera</i> Linnaeus
	Cicadellidae	<i>Empoasca decipiens</i> Paoli <i>Circulifer haematoceps</i> (Mulsant & Rey)
	Pentatomidae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda) <i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus)
	Cydnidae	<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus)
	Coccidae	<i>Parthenolecanium corni</i> (Bouche)
	Cixidae	<i>Cixius</i> sp. Latreille
	Issidae	<i>Agalmatium bilobum</i> (Fieber)
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i>
	Rhaphalidae	<i>Corizus hyoscyami</i> (Linnaeus)

Çizelge 3. Burdur ili bağ alanlarında bulunan avcı türler
Table 3. Predator species found in the vineyard areas of Burdur province

SINIF: INSECTA		
Takım	Familiya	Tür
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus <i>Oenopia conglobata</i> (Linnaeus) <i>Hippodamia variegata</i> (Goeze) <i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (Linnaeus)
	Carabidae	<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan) <i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)
Hemiptera	Anthocoridae	<i>Anthocoris nemoralis</i> (Fabricius) <i>Orius horvathi</i> (Reuter)
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus
Diptera	Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer)

Bu çalışmada Burdur ilinde bağıcılığın yoğun olarak yapıldığı 6 köyde (Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer) bağlarda zararlı ve yararlı tür olarak bilinen böceklerin tanımı, konukçuları ve yaşayışı incelenmiştir.

Bağ alanlarında birçok tür az sayıda saptanmıştır. Türlerin az sayıda yakalanması bu türleri bağ alanlarında zararlı veya bağ alanlarında zararsız olarak sınıflandırılmasında yeterli olmadığı için türleri sınıflandırırken literatür çalışmalarından yararlanılmıştır.

Bağ alanlarında saptanan türler hakkında yapılan literatür ve gözlem çalışmaları sonucunda; türlerin bulunma sıklığı, yayılışı ve yoğun olarak bulunmasına göre 11 türün bağ alanlarında ekonomik düzeyde zararlı olduğu belirlenmiştir. Bu türler: *Lobesia botrana*, *Empoasca decipiens*, *Parthenoleconium corni*, *Trigomaster bicolor*, *Tropinota hirta*, *Polyphylla fullo*, *Otiorhynchus sp.*, *Chlorophorus varius*, *Opatrum sabulosum*, *Zophosis punctata* ve *Pimelia verrucifera*'dir.

Bağ alanlarında saptanan türler hakkında yapılan literatür ve gözlem çalışmaları sonucunda bağ alanlarında asmalarda zarara sebep olmayan 21 adet tür saptanmıştır. Bu türler: *Oulema melanopus*, *Clytra quadripunctata*, *Rhynchites hungaricus*, *Lagria hirta*, *Blaps lethifera*, *Drasterius bimaculatus*, *Protaetia cuprea*, *Oxythyrea cinctella*, *Agrilus roscidus*, *Capnodis tenebrionis*, *Psalidium maxillosum*, *Lixus sp.*, *Caliroa limacina*, *Apis mellifera*, *Circulifer haematoceps*, *Rhaphigaster nebulosa*, *Dolycoris baccarum*, *Cixius sp.*, *Agalmatium bilobum*, *Pyrrhocoris apterus* ve *Corizus hyoscyami*'dir.

Bağ alanlarında avcı olarak saptanan türler: *Coccinella septempunctata*, *Oenopia conglobata*, *Hippodamia variegata*, *Propylea quatuordecimpunctata*, *Anchomenus dorsalis*, *Anisodactylus binotatus*, *Anthocoris nemoralis*, *Orius horvathi*, *Chrysoperla carnea*, *Forficula auricularia* ve *Episyrrhus balteatus*'tur.

Bu çalışmada saptanan 43 adet türden 1 tanesi tuzakla yakalanma yöntemiyle yakalanmışken geriye kalan 42 adet tür elle toplama yöntemi ile toplanmıştır. Çalışmada saptanan türlerin buldukları tarihler ve buldukları koordinatlar elde edilmiştir.

Lobesia botrana (Salkım güvesinin) Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı köylerde bulunup bulunmamasının belirlenebilmesi için 15.04.2022 tarihinde Yazıköy (N:37.61\E:30.08), Kuruçay (N:37.63\E:30.16), Yassıgüme (N:37.59\E:30.11) ve Hacılar (N:37.58\E:30.10) köyüne 1'er adet feromon tuzağı asılmıştır. Kuruçay köyüne asılan tuzak asıldığı bağ alanında bulunamamıştır. Diğer köylerdeki tuzaklarda ise 22.04.2022 zararlının ilk çıkışı gözlemlenmiştir. Asılan tuzaklarda 22.04.2022 tarihinde yapılan sayımda Yassıgüme köyünde 11, Hacılar köyünde 7 ve Yazıköy'de 3 adet *Lobesia botrana* yakalanmıştır. Feromon tuzaklara temmuz ayında bakıldığında çok sayıda *Lobesia botrana* yakalanmıştır.

Tropinota hirta Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08)

1 birey ve Yassıgüme köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.59 E: 30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 2 birey yakalanmıştır.

Protaetia cuprea 11.06.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.63\E:30.08) 1 birey yakalanmıştır.

Oxythyrea cinctella 11.06.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.63\E:30.08) 5 birey yakalanmıştır.

Polyphylla fullo Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 27.06.2022 tarihinde (N:37.61 E: 30.08) 1 birey ve Düğer köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.59 E:30.02) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 2 birey yakalanmıştır.

Otiorhynchus sp. Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 10.10.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 04.10.2021 tarihinde (N:37.59 E:30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 2 birey yakalanmıştır.

Psalidium maxillosum 10.10.2021 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N: N:37.63\E:30.08) 1 birey yakalanmıştır.

Lixus sp. 11.06.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N: N:37.63\E:30.08) 1 birey yakalanmıştır.

Chlorophorus varius 24.06.2022 tarihinde Burdur'un Hacılar köyünde asma üzerinde (N:37.58\E:30.10) 1 birey yakalanmıştır.

Opatrum sabulosum 01.10.2021 tarihinde Burdur'un Hacılar köyünde asma üzerinde (N:37.58\E:30.10) 1 birey yakalanmıştır.

Zophosis punctata Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey, Hacılar köyünde 01.10.2021 tarihinde (N:37.58 E:30.10) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.59 E:30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 4 birey yakalanmıştır.

Pimelia verrucifera Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 17.04.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 27.05.2022 tarihinde (N:37.59 E: 30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 2 birey yakalanmıştır.

Lagria hirta 27.05.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.58\E:30.30) 1 birey yakalanmıştır.

Blaps lethifera Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 03.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.60 E:30.11) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.59 E:30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 4 birey yakalanmıştır.

Agrilus roscidus Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Akyaka köyünde 27.05.2022 tarihinde (N:37.62 E:30.15) 1 birey, Düğer köyünde 21.05.2022 tarihinde (N:37.59 E:30.02) 1 birey, Kuruçay köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.16) 1 birey, Yazıköy köyünde 21.05.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 27.06.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 2 birey olmak üzere çalışmada toplam 7 birey yakalanmıştır.

Capnodis tenebrionis 11.06.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey yakalanmıştır.

Clytra quadripunctata 11.06.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey yakalanmıştır.

Oulema melanopus Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 20.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 26.05.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey, Kuruçay köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.16) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.59 E:30.10) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 4 birey yakalanmıştır.

Drasterius bimaculatus Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Hacılar köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.58 E:30.10) 1 birey, Yassıgüme köyünde 03.09.2021 tarihinde (N:37.60 E:30.11) 2 birey, Yassıgüme köyünde 03.09.2021 tarihinde (N:37.59 E: 30.11) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.62 E:30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 7 birey yakalanmıştır.

Rhynchites hungaricus 27.05.2022 tarihinde Burdur'un Akkaya köyünde asma üzerinde (N:37.62 E:30.15) 1 birey yakalanmıştır.

Apis mellifera Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Hacılar köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.58 E:30.10) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.59 E: 30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 3 birey yakalanmıştır.

Caliroa limacina Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Hacılar köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.58 E:30.10) 1 birey, Hacılar köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.58 E:30.10) 2 birey, Akyaka köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.62 E:30.15) 1 birey, Akyaka köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.62 E:30.15) 1 birey, Düğer köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.59 E:30.02) 1 birey, Yazıköy köyünde 26.05.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 2 birey, Yazıköy köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey, Yazıköy köyünde 25.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 2 birey, Yazıköy köyünde 27.06.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.09) 1 birey ve Kuruçay köyünde 24.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.16) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 15 birey yakalanmıştır.

Parthenolecanium corni Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy, Yassıgüme ve Hacılar köylerinde 9 farklı alanda çok sayıda gözlenmiştir. Örnekler %70'lik alkol bulunan falkon tüplere 3'er adet toplanmıştır (Çizelge 4)

Çizelge 4. Burdur ilinde bulunan *Parthenolecanium corni*'ya ait etiket bilgileri
Table 4. Label information for *Parthenolecanium corni* found in Burdur province

Yer	Tarih	Koordinatlar
Yazıköy (Burdur)	23.08.2021	N:37.63 E:30.10
Yazıköy (Burdur)	23.08.2021	N:37.63 E:30.10
Yazıköy (Burdur)	19.09.2021	N:37.63 E:30.09
Yazıköy (Burdur)	21.09.2021	N:37.63 E:30.097
Yazıköy (Burdur)	21.09.2021	N:37.63 E:30.09
Yazıköy (Burdur)	23.09.2021	N:37.63 E:30.09
Yazıköy (Burdur)	10.09.2021	N:37.61 E:30.08
Yassıgüme (Burdur)	10.09.2021	N:37.59 E:30.11
Hacılar (Burdur)	21.05.2022	N:37.58 E:30.10

Tritomegas bicolor 26.05.2022 tarihinde Burdur'un Yazıköyü'nde asma üzerinde (N:37.63 E:30.08) 13 birey yakalanmıştır.

Empoasca decipiens Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 23.08.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.10) 1 birey, Yazıköy köyünde 05.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, , Yazıköy köyünde 23.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde

07.08.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.59 E:30.11) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 10 birey yakalanmıştır.

Circulifer haematoceps 27.05.2022 tarihinde Burdur'un Yassıgüme köyünde asma üzerinde (N:37.59 E:30.10) 1 birey yakalanmıştır.

Agalmatium bilobum Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 20.09.2021 tarihinde (N:37.62 E:30.11) 1 birey, Yazıköy köyünde 26.06.2022 tarihinde (N:37.62 E:30.11) 1 birey ve Yazıköy köyünde 25.06.2022 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 3 birey yakalanmıştır

Cixius sp. 27.05.2022 tarihinde Burdur'un Yassıgüme köyünde asma üzerinde (N:37.59\E:30.10) 1 birey yakalanmıştır.

Rhaphigaster nebulosa 10.09.2021 tarihinde Burdur'un Yazıköy köyünde asma üzerinde (N:37.61\E:30.09) 1 birey yakalanmıştır.

Dolycoris baccarum 10.09.2021 tarihinde Burdur'un Yazıköy köyünde asma üzerinde (N:37.62\E:30.11) 1 birey yakalanmıştır.

Pyrrhocoris apterus Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 05.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey, Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 2 birey, Yazıköy köyünde 19.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.09) 1 birey ve Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.63 E:30.08) 1 birey olmak üzere çalışmada toplam 5 birey yakalanmıştır.

Corizus hyoscyami Burdur ilinde çalışmanın yapıldığı Yazıköy köyünde 10.09.2021 tarihinde (N:37.61 E:30.08) 1 birey ve Yassıgüme köyünde 11.06.2022 tarihinde (N:37.59 E:30.11) 2 birey olmak üzere çalışmada toplam 3 birey yakalanmıştır.

Coccinella septempunctata Kuruçay, Yassıgüme ve Yazıköy'ünde saptanmıştır. *Oenopia conglobata* Kuruçay ve Hacılar köyünde saptanmıştır. *Hippodamia variegata* Hacılar ve Düğer köyünde saptanmıştır. *Propylea quatuordecimpunctata* Kuruçay, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer köyünde saptanmıştır., *Anchomenus dorsalis* Yassıgüme ve Yazıköy'ünde saptanmıştır. *Anisodactylus binotatus* Yazıköy'ünde saptanmıştır. *Anthocoris nemoralis* Hacılar köyünde saptanmıştır. *Orius horvathi* Kuruçay köyünde saptanmıştır. *Chrysoperla carnea* Yazıköy'ünde saptanmıştır. *Forficula auricularia* Yassıgüme, Hacılar ve Yazıköy'ünde saptanmıştır. *Episyrphus balteatus* Yazıköy'ünde saptanmıştır.

Ülkemizde daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında: Kısakürek (1972), Güneydoğu Anadolu da bağ alanlarında yaptığı çalışmada Gaziantep de Salkım güvesi (*Lobesia botrana*) saptamıştır. İren (1972), Orta Doğu Anadolu da bağ alanlarında yaptığı çalışmada Bağ uyuzu (*Eriophyes vitis*), Bağ üvezi (*Arboridia adanae*), Salkım güvesi

(*Lobesia botrana*), Bağ maymuncukları (*Otiorrhynchus* spp.) ve Turunçgil unlu biti (*Planococcus citri*) olmak üzere toplam 5 tür saptamıştır. Altınçağ ve Akten (1993), Ege bölgesinde asma fidanlarında yaptığı çalışmada *Empoasca decedens*, *Empoasca decipiens*, *Arboridia adanae*, *Arbordia decedens*, *Tetranychus urticae* ve *Viteus vitifolii* olmak üzere 6 tür saptamıştır. Erkan vd. (1998) Ege bölgesinde bağ alanlarında yaptıkları çalışmada Salkım güvesi (*Lobesia botrana*), Bağ uyuzu (*Eriophyes vitis*), Bağ yaprak piresi (*Empoasca vitis*), Bağ üvezi (*Arboridia adanae*), Bağ tripsi (*Anaphothrip vitis*) ve İki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae*) olmak üzere 6 tür saptanmıştır. Özgen & Karsavuran (2009), Diyarbakır, Elazığ ve Mardin illerinde yaptıkları çalışmada bağ alanlarında Cicadellidae familyasına ait 34 tür saptanmıştır. Özsemerci (2007), Manisa ilinin 11 ilçesinde (Merkez, Ahmetli, Akhisar, Alaşehir, Demirci, Gölmarmara, Kırkağaç, Salihli, Sarıgöl, Saruhanlı ve Turgutlu) bağ alanlarında yaptıkları çalışmada Tysanoptera takımına bağlı Aleohipridae, Thiripidae ve Phlaeothiripidae familyasından toplam 31 tür saptamıştır. Özgen & Karsavuran (2010), Diyarbakır, Elazığ ve Mardin illerinde yaptıkları çalışmada bağ alanlarında Coccinellidae familyasına ait 14 tür, Chrysopelidae 1 tür, Salticidae familyasına ait 1 tür, Thomisidae familyasına ait 1 tür, Erythraeidae familyasına 1 tür olmak üzere toplam 19 tür avcı böcek saptanmıştır. Muştı & Altınok (2015), Nevşehir ve Kayseri illerinde yaptığı çalışmada Salkım güvesi (*Lobesia botrana*) ve Bağ uyuzu (*Eriophyes vitis*) olmak üzere 2 tür saptanmıştır. Çakmak (2019), Siirt ili Kezer yerleşkesi bağ alanlarında yaptığı çalışmada Hemiptera takımının Cicadellidae familyasına ait 6 tür, Issidae familyasına ait 1 tür, Cercopidae familyasına ait 1 tür, Tysanoptera takımının Phlaeotripidae familyasına ait 2 tür, Thiripidae familyasına bağlı 2 tür; Coleoptera takımının Coccinellidae familyasına ait 4 tür, Neuroptera takımının Chrysopidae familyasına ait 1 tür, Lepidoptera takımının Totricidae familyasına 1 tür olmak üzere toplam 16 tür saptanmıştır.

4. Sonuç

Çalışma sonucunda yürütüldüğü 6 köyde (Kuruçay, Akyaka, Yassıgüme, Hacılar, Yazıköy ve Düğer) bağ alanlarında zararlı 11 adet tür, bağ alanlarında zarara sebep olamayan 32 tür ve 11 adet predatör tür olmak üzere toplam 43 tür saptanmıştır. Çalışma sonucu köyler düzeyinde incelenirse; Kuruçay 7, Akyaka 3, Yassıgüme 18, Hacılar 12, Yazıköy 34 ve Düğer köyünde 6 adet tür bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Köyler düzeyinde türlerin dağılışı
Table 5. Distribution of species at village level

	Kuruçay	Akyaka	Yassıgüme	Hacılar	Yazıköy	Düğer
<i>L. botrana</i>			x	x	x	
<i>O. melanopus</i>	x		x		x	
<i>C. quadripunctata</i>					x	
<i>R. hungaricus</i>		x				
<i>L. hirta</i>					x	
<i>O. sabulosum</i>				x		
<i>P. verruculifera</i>			x		x	
<i>Z. punctata</i>			x	x	x	
<i>B. lethifera</i>			x		x	
<i>D. bimaculatus</i>			x	x	x	
<i>T. hirta</i>			x		x	
<i>P. cuprea</i>					x	
<i>O. cinctella</i>					x	
<i>P. fulla</i>					x	x
<i>A. roscidus</i>	x	x			x	x
<i>C. tenebrionis</i>					x	
<i>C. varius</i>				x		
<i>P. maxillosum</i>					x	
<i>Otiorrhynchus sp.</i>			x		x	
<i>Lixus sp.</i>					x	
<i>C. limacina</i>	x	x		x	x	x
<i>A. mellifera</i>			x	x	x	
<i>E. decipiens</i>			x		x	
<i>Ci. haematoceps</i>			x			
<i>R. nebulosa</i>					x	
<i>D. baccarum</i>					x	
<i>T. bicolor</i>					x	
<i>P. corni</i>			x	x	x	
<i>Cixius sp.</i>			x			
<i>A. bilobum</i>					x	
<i>P. apterus</i>					x	
<i>C. Hyosegami</i>			x		x	
<i>C. semtempunctata</i>	x		x		x	
<i>O. conglobata</i>	x			x		
<i>H. variegata</i>				x		x
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	x		x	x	x	x
<i>A. dorsalis</i>			x		x	
<i>A. binotatus</i>					x	
<i>A. nemoralis</i>						x
<i>O. horvathi</i>	x					
<i>C. carnea</i>					x	
<i>F. auricularia</i>			x	x	x	
<i>E. balteatus</i>					x	

Yapılan çalışma, literatür taramaları ve Burdur Tarım İl Müdürlüğü Bitki Koruma bölümü ile yapılan görüşmeler sonucunda Burdur ili bağ alanlarının ana zararlısı *Lobesia botrana* (Salkım güvesi) olarak saptanmıştır. Salkım güvesi ile mücadelede Burdur Tarım İl Müdürlüğü'nün erken uyarı sisteminden yararlanılmaktadır.

Bağ alanlarında zararlılar ile mücadelede çalışmanın yapıldığı alanlardaki predatör türler göz önünde bulundurularak zararlılarla mücadele yöntemi belirlenmelidir.

Yapılan literatür taramaları sonucunda Burdur ilinde daha önce bağcılık alanında böcek faunasının saptanması adına bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın

tamamlanmasıyla literatürdeki boşluğunun dolmasına; Burdur ilinde bağ alanlarında araştırma ve çalışma yapacak araştırmacılara genel olarak zararlı ve yararlı türleri tespit etmelerine ve tanımlarında yardımcı olacaktır.

5. Teşekkür

Bu araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde sunulan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışma Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Aslan, M. M., & Candan, G. (2018). Farklı üzüm çeşitlerinde Salkım Güvesi (*Lobesia botrana*) (Denis Et Schiffermüller)'nin zarar durumunun belirlenmesi. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 482-488. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349828>
- Altınçağ, R., & Akten, T. (1993). Ege Bölgesi Asma Fidanlıklarında Faunistik Çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 33(3-4), 153-165.
- Çakmak, S. (2019). *Süirt İlinde Yetiştirilen Farklı Üzüm Çeşitlerindeki Zararlı ve Faydalı Böcek Türleri ve Önemli Bazı Türlerin Popülasyon Değişimleri*. (Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erkan, M., Altındişli, F. Ö., & Göven, M. A. (1998). Ege Bölgesi Bağlarında Entegre Mücadele Çalışmaları. 4. *Bağcılık Sempozyumu Bildirileri*. 20-23 Ekim 1998, Yalova, 233-238.
- Gözener, B., Kaya, Y., & Sayılı, M. (2014). Erzincan ili Üzümlü İlçesinde Cimin Üzümlü üretimi ve pazarlama durumu. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9, 74-80.
- İren, Z. (1972). Orta Anadolu Bölgesinde Önemli Bağ Zararlılarının Tespiti Üzerinde Araştırmalar. In *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*. (pp. 40-41)
- Kısmalı, İ. (1980). Bağ Yetiştirme Tekniği I ve II. Ders Notları.
- Kısakürek, Ö. R. (1972). Güney Anadolu bölgesi bağlarında Salkım Güvesi (*Lobesia botrana* Den. et Schiff.)'nin yayılış alanı, bulaşma oranı, parazit ve predatörler üzerinde ön çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 12(3), 183-186.
- Mamay, M., & Çakır, A. (2014). Şanlıurfa merkez ilçe bağlarında salkım güvesi [*Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller (*Lepidoptera: Tortricidae*)]'nin ergin popülasyon değişimi ve bulaşma oranının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(2), 113-114.
- Muştu, M., & Altınok, M. A. (2015). Kayseri ve Nevşehir İllerinde Bağlarda Bulunan Böcek ve Akar Faunasının Belirlenmesi, Normal Araştırma Projesi (NAP), Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, 20-22s.
- Özdemir, M., Özdemir, Y., Seven, S., & Bozkurt, V. (2005). Orta anadolu bölgesinde kültür bitkilerinde zararlı *Tortricidae* (*Lepidoptera*) faunası üzerine araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 45(1-4), 17-44.
- Özgen, İ., & Karsavuran, Y. (2009). Diyarbakır, Elazığ ve Mardin illeri bağ alanlarında bulunan Cicadellidae (Homoptera) türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 33(3), 217-240.
- Özgen, İ., & Karsavuran, Y. (2010). Diyarbakır, Elazığ ve Mardin illeri bağ alanlarında bulunan Cicadellid 'lerin predatör ve parazitotleri ile yayılış alanları. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(2), 129-138.
- Özsemerci, F. (2007). *Manisa İllerinde Çekirdeksiz Üzüm Bağlarında bulunan Thysanoptera Türlerinin Yayılış Popülasyon Değişimi ve Önemli Zararlı Türün Biyolojisi Üzerinde Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Semerci, A., Kızıltuğ, T., Çelik, A. D., & Kiracı M. A. (2015). Türkiye bağcılığının genel durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 42-51.

- Seçkin, G., & İşçi, B. (2011). Göller Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Yöresel Üzüm Çeşitlerinin Özellikleri. 1. *Ulusal Sarıgül İlçesi ve Değerleri Sempozyumu*. 17-19 Şubat, Sarıgül, 1-8.
- Türkmenoğlu, H. (1967). Haziran böceği *Polyphylla fullo* Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 7(2), 67-77.
- TÜİK (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2019-30685> (Son erişim tarihi: 10 Ocak 2023)



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

The Impact of the COVID-19 on Indonesian Palm Oil Exports

Zahraturrahmi ZAHRATURRAHMI^{1*}, Vecdi DEMİRCAN¹

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

*Corresponding author: zahraturrahmi25@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: 06/10/2023

Accepted: 27/10/2023

Keywords: COVID-19, Export, Indonesia, Palm oil

DOI: 10.55979/tjse.1372120

ABSTRACT

This study aims to reveal the impact of the COVID-19 pandemic (2020-2021) on Indonesian palm oil exports. Secondary data were used in the study. The data used are monthly crude palm oil production volumes, monthly crude palm oil export volumes and values, palm oil export destination countries, and monthly crude palm oil prices in the world and local markets from January 2019 to December 2021. Based on the research results, the COVID-19 pandemic has had a negative impact on Indonesian palm oil production and export volumes, and due to supply chain disruptions, labor constraints, decline in demand, and other constraints. Palm oil production and exports decreased by 2.9% and 8.5%, respectively during the COVID-19 pandemic. On the other hand, the COVID-19 pandemic positively impacted the increase in the price and export value of Indonesian palm oil. The world palm oil price increased by 26% during the COVID-19 pandemic, contributing to a 16.9% increase in Indonesia's export revenue. The Indonesian government has made various efforts to mitigate the negative impact of COVID-19 on Indonesian palm oil exports. These efforts include providing fiscal and economic stimulus, active promotion and economic diplomacy, diversifying export markets, and delaying the implementation of the mandatory B30 policy.

COVID-19'un Endonezya Palm Yağı İhracatı Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 06/10/2023

Kabul tarihi: 27/10/2023

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Endonezya, Palm yağı, İhracat

DOI: 10.55979/tjse.1372120

ÖZET

Bu çalışmada, COVID-19 salgınının (2020-2021) Endonezya'nın palm yağı ihracatı üzerindeki etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmada ikincil veriler kullanılmıştır. Kullanılan veriler, aylık ham palm yağı üretim miktarları, aylık ham palm yağı ihracat miktarları ve değerleri, palm yağı ihracatı yapılan hedef ülkeler ve Ocak 2019 - Aralık 2021 döneminde dünya ve yerel piyasalarda aylık ham palm yağı fiyatlarıdır. Araştırma sonuçlarına göre, COVID-19 salgınının Endonezya palm yağı üretimi ve ihracat hacimleri üzerinde olumsuz bir etki yarattığı belirlenmiştir. Tedarik zincirindeki aksaklıklar, işgücü sınırlamaları, talepteki düşüş ve diğer kısıtlamalar nedeniyle COVID-19 salgını sırasında palm yağı üretimi %2.9, palm yağı ihracatı ise %8.5 oranında azalmıştır. Öte yandan, COVID-19 salgını Endonezya palm yağının fiyat ve ihracat değerindeki artışı olumlu yönde etkilemiştir. Dünya palm yağı fiyatı COVID-19 salgını sırasında %26 oranında artmış, bu da Endonezya'nın ihracat gelirinin %16.9 oranında artmasına etki etmiştir. Endonezya hükümeti, COVID-19'un Endonezya palm yağı ihracatı üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmek için çeşitli çabalar sarf etmiştir. Bu çabalar arasında mali teşvikler ve ekonomik canlandırma sağlanması, aktif tanıtım ve ekonomik diplomasi, ihracat pazarlarının çeşitlendirilmesi ve zorunlu B30 politikasının uygulanmasının geciktirilmesi yer almaktadır.

1. Introduction

2020 is the most challenging test or crisis in world history due to the COVID-19 pandemic outbreak. COVID-19 has an impact on the health and economic crisis and a broad impact on all areas of life. COVID-19 has dealt a devastating blow to the national economy. Throughout the history of the Indonesian economy since the 2019 economic crisis, it was in 2020 that it experienced a reasonably deep economic contraction of -2.07%. Even during 2020, the Indonesian economy experienced an economic recession because it experienced an economic contraction for three consecutive quarters from the second quarter of 2020 to the end of 2020. Indonesian 2020 economic growth rate is the first negative growth since the 1998 economic crisis. This condition was influenced by the impact of the COVID-19 pandemic, which reduced

the performance of domestic sectors and weakened demand both from within and outside the country (BPS, 2021a).

International trade plays an essential role in Indonesian economic activity. Apart from being a component of economic growth, export and import performance affects the Indonesian foreign exchange reserve position. In addition, international trade also plays a role in maintaining the supply of commodities needed in Indonesia. Challenges in international trade activities in 2020 have increased with the COVID-19 pandemic experienced by almost all the countries in the world. The spread of the COVID-19 pandemic has forced many countries to impose restrictions such as lockdowns, travel bans, and physical distancing to ensure the health of their people. This causes the performance of exports and

imports between countries to be disrupted, especially the palm oil industry, one of Indonesian primary export commodities (BPS, 2021a).

Palm oil is a plantation commodity essential to economic occupation in Indonesia because of its capability to make vegetable oil, which is critical to the industrial sector. Indonesia has remarkable prospects to market crude palm oil and kernels domestically and abroad. Prospective markets that will absorb the marketing of crude oil (CPO) and kernel oil (PKO) are the fractionation/refining industry (especially the culinary oil business), special fats (cocoa butter substitute), margarine/shortening, oleochemicals, and body wash (BPS, 2020). Indonesia is the biggest palm oil producing and exporter country in the world (Indexmundi, 2022a, b), with an area of 15.38 million hectares and a total palm oil production of 45.58 million tons in 2022, followed by Malaysia with palm oil production of 19.20 million tons, Thailand 3.26 million tons, Colombia 1.76 million tons, and Nigeria 1.40 million tons.

Indonesian palm oil production tends to increase from 1990 to 2019. In 1990 Indonesia only produced 2.41 million tonnes of palm oil, then increased to 42.88 million tonnes in 2018. In 2019 Indonesia produced 47.12 million tons of palm oil, an increase of 9.8% from the previous year. But in 2020 Indonesian palm oil production decreased to 45.74 million tons, a decrease of 2.92% from the previous year, which was caused by the impact of the COVID-19 pandemic, which affected the performance of the oil palm plantation sector. In 2021, palm oil production again experienced a slight decline to 45.12 million tons (BPS, 2022).

Figure 1, shows the volume and value of Indonesian palm oil exports before and after the COVID-19 pandemic. Indonesian palm oil export volume in 2020 was 27.63 million tons, down 8.5% compared to the previous year, which reached 30.21 million tons. Meanwhile, in 2021, the export volume of palm oil declined again to 27.04 million tons, a decrease of 2.1%. Although Indonesia's palm oil production and export volumes have decreased during the COVID-19 pandemic, there is an exciting phenomenon: the value of Indonesian palm oil exports has increased significantly. It is much higher than the period before the COVID-19 pandemic. This change suggests that the impact of the COVID-19 pandemic on Indonesian palm oil industry is more complex than just a decline in production or exports. Therefore, this study aims to go deeper by analyzing the impact of the COVID-19 pandemic on Indonesian palm oil exports, particularly in terms of export volume and value, as well as the factors that influence these changes.



Figure 1. The volume and value of Indonesian palm oil exports before and after the COVID-19 pandemic (DGEIMA, 2023)

2. Material and Method

The data used in this study are secondary data, including monthly production data of crude palm oil, monthly volume and value of crude palm oil exports, palm oil export destination countries, monthly prices of crude palm oil on the world and domestic markets in the period January 2019 to December 2021. They were analyzed by desk work using simple descriptive analysis. Writing materials are obtained through a literature review by exploring and examining data and information obtained from various sources such as the Indonesian Central Bureau of Statistics (BPS), Director General of Estate Indonesian Ministry of Agriculture, Indonesian Ministry of Trade (Bappeti), Ministry of Industry of the Republic of Indonesia, Ministry for Economic Affairs of the Republic of Indonesia, LPEI (Indonesia Eximbank), and Indonesian Palm Oil Association (GAPKI), World Bank, Index Mundi, Market Research Report, as well as applicable information from various studies published in multiple publications, such as books, journals, reports, and electronic media.

3. Result and Discussion

The COVID-19 pandemic has caused a sharp decline in the world's trade in goods. Export and import activities no longer run normally because many countries impose restrictions such as lockdowns, travel bans, and physical distancing to ensure the health of their people. In April 2020, the WTO informed that at least 80 countries imposed restrictions and export bans due to the COVID-19 pandemic (BPS, 2021a). The Indonesian government also imposed a Large-Scale Social Restrictions (PSBB) policy at the beginning of COVID-19. It continued the transition of PSBB by implementing health protocols in public activities which directly affected almost all economic activities in Indonesia. This restriction policy impacts trade in agricultural commodities, especially palm oil. About 70% of Indonesian palm oil production is used for export, and the remaining 30% is for domestic needs (MIRI, 2021). Given the substantial impact that the export of palm oil and its derivatives has on Indonesian gross domestic product (GDP), any disturbance caused by the COVID-19 pandemic to palm oil exports will have repercussions on the general performance of the

agricultural sector's GDP, the national GDP, and the regional gross domestic product (GRDP).

Figure 2, shows that the production of Indonesian palm oil during the COVID-19 pandemic in the January-September 2020 period has decreased compared to the period before the COVID-19 pandemic. Palm oil production decreased from January to September 2020 and began to increase from October to December 2020. At the beginning of the COVID-19 pandemic in January 2020, palm oil production was only 3.65 million tons, or a decrease of 4.5% from the previous year of 3.83 million tons. Palm oil production in July 2020 was only 3.47 million tons or a decrease of 16.6% compared to the previous year of 4.17 million tons. The lowest palm oil production during the COVID-19 pandemic 2020 occurred in May, July, and August.

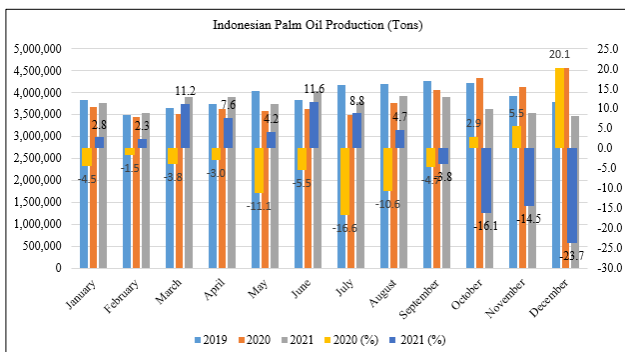


Figure 2. The monthly volume of palm oil production before and after the COVID-19 (tons) and the change (%) (BPS, 2020, 2021b)

In 2021, the monthly production of Indonesian palm oil fluctuated. In January 2021, palm oil production was 3.76 million tons, an increase of 2.8% from January 2020 at 3.65 million tons. Total palm oil production in 2021 was 45.12 million tons, down 1.3% from 2020's 45.74 million tons (Figure 2). Overall, Indonesian palm oil production was much higher in 2019.

According to the Indonesian Palm Oil Association (GAPKI), several factors caused Indonesian palm oil production to decline in 2020 and 2021. The first is terrible weather. In 2019 and 2020, the El Niño phenomenon had a negative impact on palm oil production. El Niño caused a more extended and drier dry season in several palm oil-producing regions in Indonesia, disrupting the growth of oil palm plants and causing production to decline. The second is the disruption to the supply chain due to the COVID-19 pandemic. Movement restrictions and health protocols implemented to prevent the spread of the COVID-19 virus hampered labor mobility in oil palm plantations, disrupted harvesting and processing, and affected productivity. The third is labor limitation. Labor shortages have become a severe problem during the COVID-19 pandemic. The decrease in labor mobility, both within the country and abroad, has resulted in difficulties in meeting labor needs in oil palm plantations. This has a negative impact on production efficiency and the amount of palm oil production. Fourth is the limitation of transportation facilities. Movement

restrictions and the closure of several transportation routes in response to the COVID-19 pandemic have led to limited access and mobility in transporting palm oil from plantations to processing plants. Delays in the transportation of palm oil can lead to decreased production. Fifth is plant diseases. Plant diseases such as stem base rot (Ganoderma) and fusarium wilt also contributed to the decline in palm oil production in 2020. These diseases attack oil palm plants, hamper growth and productivity, and cause a decline in production (GAPKI, 2022, 2023).

Figure 3, it can be seen a comparison of the monthly export volume of Indonesian palm oil before and after the COVID-19 pandemic. At the beginning of the COVID-19 pandemic in January 2020, Indonesian palm oil export volume was only 1.80 million tons, which decreased by 32.6% compared to January 2019 of 2.67 million tons. The volume of palm oil exports fluctuated and tended to decline until the end of 2020, although it increased in April, June, and July (BPS, 2020).

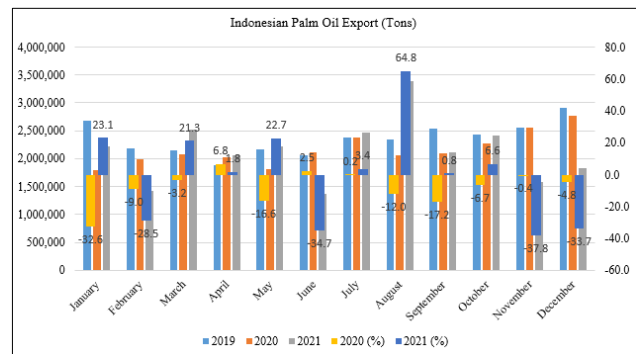


Figure 3. The monthly volume of palm oil export before and after the COVID-19 (tons) and the change (%) (BPS, 2020, 2021b)

In 2021, Indonesian monthly palm oil export volume fluctuated. In January 2021, the export volume of palm oil was 2.22 million tons, an increase of 23% from January 2020 of 1.80 million tons. The highest export volume in 2021 occurred in August at 3.92 million tons. The total export volume of palm oil in 2021 was 27.06 million tons, down 2.1% from 2020 (Figure 3).

The highest decline in Indonesian palm oil export volume occurred in China, namely 4.39 million tons in 2020, or a 24.2% decrease compared to the previous year of 5.79 million tons in 2019 (Figure 4). China is one of the largest importers of palm oil from Indonesia. The decline in exports to China is due to the decline in demand for palm oil due to the influence of the COVID-19 pandemic (GAPKI, 2021). The decline in palm oil exports to China occurred at the beginning of the first semester of the entry of COVID-19 into Indonesia (Aulya, 2022). In the middle of the semester, May 2020, China recovered from the COVID-19 pandemic and massively increased its vegetable oil imports to restore depleted stocks, thus increasing palm oil exports from Indonesia again (GAPKI, 2021). Exports to India were similar to the pre-COVID-19 period, declining only 0.2% from the previous year. Indonesian palm oil exports to the USA in 2020

decreased by 5.5% compared to the previous year due to the impact of the COVID-19 pandemic, which decreased food and beverage consumption in the USA. Lockdowns, movement restrictions, and decreased economic activity also contributed to the decline in demand for palm oil (CFR, 2023). Meanwhile, the volume of Indonesian palm oil exports to Pakistan during COVID-19 increased by 12.2% from 2.21 million tons in 2019 to 2.48 million tons in 2020 (Figure 4) (BPS, 2020). The increased volume of palm oil exports to Pakistan in 2020 was due to decreased demand for palm oil in China, so the Indonesian government shifted palm oil exports to Pakistan. Not only to Pakistan, the Indonesian government has also shifted palm oil exports to Bangladesh, the United States, Tunisia, Turkey, Egypt, Iran, Algeria, and Morocco (Ditjenbun, 2020). Palm oil exports to Spain in 2020 reached 1.13 million tons, an increase of 5.3% from the previous year.

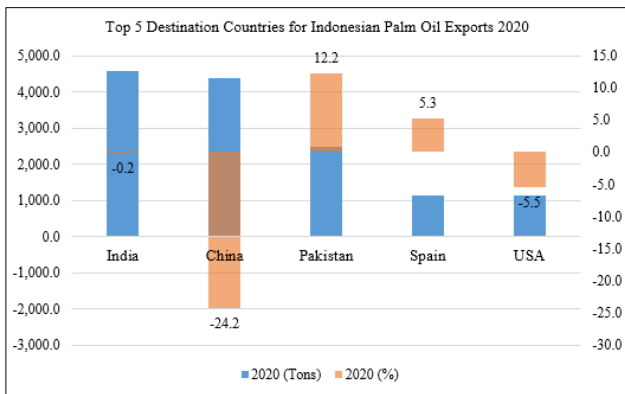


Figure 4. Five main destination countries for Indonesian palm oil exports in 2020 (BPS, 2020)

In 2021 China became the largest destination for palm oil exports from Indonesia. Palm oil exports to China in 2021 amounted to 4.70 million tons, an increase of 7.1% compared to 2020 (BPS, 2021b), displacing India, previously the leading destination country for Indonesian palm oil exports. The increasing purchasing power of the Chinese people has led to high demand for palm oil for use in the food, cosmetics, and other raw materials industries (Christina & Alison, 2022). Indonesian palm oil exports to India in 2021 amounted to 3.08 million tons, down 32.4% from the previous year (Figure 5) (BPS, 2021b). In early 2021, the Indian government imposed a policy of increasing import tariffs on crude palm oil to encourage production and protect local vegetable oil producers in India (Jadhav et al., 2020, 2021). This increased import tax made palm oil from Indonesia more expensive in the Indian market, reducing its competitiveness. In mid-2021, the Indian government again reduced the import duty rate on crude palm oil by 2.5%. The Government of India took this adjustment step to address the high price of vegetable oil and ensure the availability of vegetable oil to domestic consumers at a reasonable price. Vegetable oil import duty is one of the critical factors affecting vegetable oil prices and domestic prices in India (BPDPKS, 2021). In October 2021, the Indian government again waived import taxes on crude palm oil until March 2022 because the price of vegetable

oil in India has continued to increase since 2021 (Kamath, 2022). This decision indeed increased Indonesian palm oil exports to India again. Palm oil exports to Pakistan in 2021 amounted to 2.67 million tons, an increase of 7.5% from the previous year. Palm oil exports to the USA in 2021 amounted to 1.64 million tons, an increase of 46% from the previous year. After a downturn due to the COVID-19 pandemic, the US economy began to recover in 2021. With the economic recovery, food and beverage demand increased, including palm oil products (CFR, 2023). Meanwhile, Indonesian palm oil exports to Bangladesh in 2021 amounted to 1.31 million tons, an increase of 28.5% from the previous year, so Bangladesh is the fifth largest export destination country for palm oil from Indonesia, replacing Spain, which was previously the fifth largest palm oil export destination country from Indonesia.

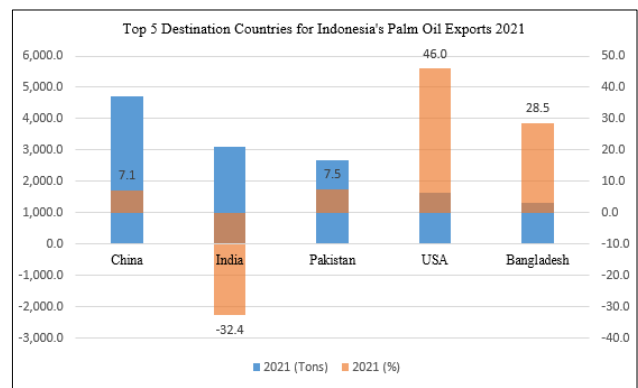


Figure 5. Five main destination countries for Indonesia's palm oil exports in 2021 (BPS, 2021b)

In contrast to the declining volume of palm oil exports, the value of palm oil exports increased during the COVID-19 pandemic. Figure 6, shows the monthly percentage increase in the value of palm oil exports before and after the COVID-19 pandemic. The value of palm oil exports only decreased at the beginning of the COVID-19 pandemic in January 2020; from February 2020 to December 2020, the value of palm oil exports continued to increase significantly (BPS, 2020). Based on Figure 6, it can be seen that the value of palm oil exports in 2020 and 2021 is much better than in 2019, although in terms of export volume in 2020 and 2021, it is lower than in 2019 (BPS, 2020, 2021b). The export value of palm oil in 2019 was US\$16.03 billion; in 2020, US\$18.72 billion; and in 2021, the export value of palm oil increased by 53% to US\$28.72 billion (BPS, 2021b).

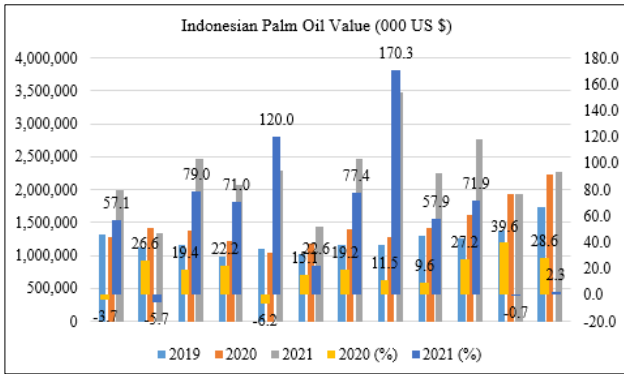


Figure 6. The monthly value of palm oil export before and after the COVID-19 (US \$) and the change (%) (BPS, 2020, 2021b)

A rebound or increase in the price of Indonesian palm oil in the global market generally caused an increase in the value of palm oil exports in 2020. Previously, Indonesian palm oil prices experienced a significant decline due to issues such as the trade war between the United States and China, the increase in palm oil import tariffs by India, and negative campaigns related to palm oil in Europe (LPEI, 2021). In addition, during the COVID-19 pandemic, global demand for palm oil remained high (Astra, 2021). One of the main reasons is that palm oil is used in various consumer products such as food, cosmetics, and biofuels (Anonymous, 2021; MRR, 2021). The continued high demand from key markets such as India, China, and the European Union contributes to the rise in palm oil prices (LPEI, 2021). Another factor affecting Indonesian palm oil prices is that some significant palm oil producers have experienced reduced production required to the impact of the pandemic, such as labor reductions, travel restrictions, and supply chain disruptions (Ashaari et al., 2022); this decrease in production results in a more limited supply and pressure on prices.

Based on data from the World Bank (2022), in 2020, the average global palm oil price was 759.44 US\$/mt, an increase of 26% from 2019 with an average price of 604.52 US\$/mt. In 2021 the average world palm oil price increased again to 1124.16 US\$/mt. Figure 7, it can be seen that the monthly price of world palm oil increased from 2019 to 2021 (World Bank, 2023). When the world palm oil price continues to rise, Indonesia will benefit because the export price of palm oil will be higher (Astra, 2022). Palm oil exports are measured in foreign currencies, such as the US dollar, so a price increase will increase revenue in that currency.

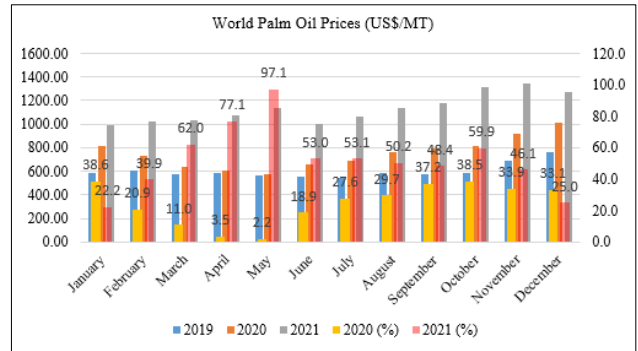


Figure 7. The monthly of world palm oil prices before and after the COVID-19 (US\$/mt) and the change (%) (World Bank, 2023)

The price of Indonesian crude palm oil in the domestic market also increased during the 2020 and 2021 COVID-19 pandemic. Figure 8, shows that the monthly price of Indonesian palm oil in the domestic market fluctuates and tends to increase from January 2020 to December 2021. The increase in the domestic price of crude palm oil goes hand in hand with the increase in world palm oil prices. This is because the price of palm oil is a commodity price determined by the global market, and price changes in the international market can affect the price of domestic palm oil (BPS, 2022). If there is an increase in world palm oil prices, the domestic market also tends to experience price increases.

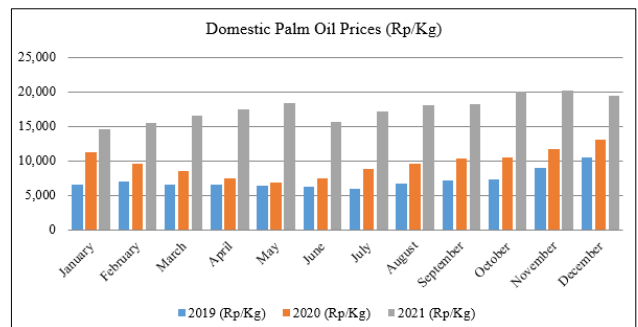


Figure 8. The monthly of domestic palm oil prices before and after the COVID-19 (Rp/kg) (Bappeti, 2023)

Based on Figure 9, it can be concluded that palm oil production and export volume grew negatively during the COVID-19 pandemic in 2020 and 2021. Meanwhile, the value and price of palm oil grew positively during the 2020 and 2021 COVID-19 pandemic periods and grew negatively before the COVID-19 pandemic in 2019.



Figure 9. The average growth of Indonesian palm oil production, export, value, and world prices (%) (BPS, 2021b)

Some of the policies that the Indonesian government has carried out to overcome the negative impact of COVID-19 on Indonesian palm oil exports are:

1. **Fiscal Incentives and Economic Stimulus:** The Indonesian government provides fiscal incentives and economic stimulus to the palm oil sector, including export tax exemptions, import duty exemptions, and working capital credit support. These measures aim to encourage operational sustainability and improve the competitiveness of palm oil producers (Kemenkeu, 2020).
2. **Enhanced Promotion and Economic Diplomacy:** The Indonesian government has undertaken active promotional efforts to improve the image of Indonesian palm oil in the global market. This involves high-level visits to export destination countries, participation in international trade shows, and bilateral cooperation in the palm oil trade (MEARI, 2021).
3. **Export Market Diversification:** The Indonesian government is also trying to diversify palm oil export markets by identifying new countries as potential export destinations. This reduces dependence on key markets severely affected by the pandemic (Ditjenbun, 2020; LPEI, 2021).
4. **Delayed Implementation of Mandatory B30 Rule:** The Indonesian government has postponed the implementation of the mandatory B30 (30% biodiesel blend) policy to help palm oil producers deal with the impact of the COVID-19 pandemic. This postponement provides leeway to producers to meet domestic and foreign demand (Christina, 2020).

The Indonesian government has implemented similar policies, such as enhanced promotion and economic Diplomacy, export market diversification (KOMINFO, 2019a), and the mandatory B30 program (KOMINFO, 2019b), during the America-China trade war in 2019 and the Indonesia-EU trade war. The Indonesia-EU trade war started in 2017 when the EU imposed anti-dumping duties on Indonesian biodiesel products and banned palm oil as a biodiesel ingredient. The peak of this trade war was when the EU passed the palm oil moratorium with the Renewable Energy Directive (RED) II on March 13, 2019. The Delegated Regulation labeled palm oil as a

high-risk Indirect Land Use Change (ILUC) commodity, which resulted in palm oil-based biodiesel not being included in the renewable energy category. These two trade wars caused a decline in demand, volume, and price of palm oil exports to several countries (Anonymous, 2019; Hendra, 2019; Henry, 2020).

4. Conclusion

The COVID-19 pandemic negatively and positively affected Indonesian palm oil production and exports. While production and export volumes declined due to various pandemic-related challenges, the increase in world palm oil prices resulted in higher export revenues. To sustain long-term export performance, Indonesia must balance price fluctuations with efforts to boost production, enhance supply chain efficiency, and diversify export markets. The Indonesian government's measures, including fiscal incentives, economic promotion, market diversification, and policy delays, reflect its commitment to mitigating the pandemic's negative impact on palm oil exports.

Acknowledgments

This research is derived from the Master's Thesis of the Department of Agricultural Economics at Isparta University of Applied Sciences.

Conflict of Interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

5. References

- Anonymous (2019). Kuartal I 2019, Perang Dagang AS-China Gerus Harga Sawit. Retrieved October 10, 2023, from <https://www.cnindonesia.com/ekonomi/20190516091733-92-395314/kuartal-i-2019-perang-dagang-as-china-gerus-harga-sawit>.
- Anonymous (2021). Global Vegetable Oil Market (2020 to 2027) Increasing Demand for Vegetable Oils in the Biofuel Industry is Driving Growth. Globe Newswire. Retrieved June 02, 2023, from <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/03/02/2185174/0/en/Global-Vegetable-Oil-Market-2020-to-2027-Increasing-Demand-for-Vegetable-Oils-in-the-Biofuel-Industry-is-Driving-Growth.html>.
- Ashaari, A., Abdullah, M., & Fuzi, N. M. (2022). Malaysian palm oil industry performance during epidemic COVID-19. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(1), 622-628. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v12-i1/12058>
- Astra, A. L. (2021). Permintaan sawit masih tinggi di tengah pandemi. PT Astra Agro Lestari Tbk. Retrieved July 06, 2023, from <https://www.astra->

- agro.co.id/2021/08/25/permintaan-sawit-masih-tinggi-di-tengah-pandemi/
- Astra, A. L. (2022). Top harga sawit rekor lagi termahal sepanjang masa. PT Astra Agro Lestari Tbk. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.astra-agro.co.id/>
- Aulya, S. (2022). Kepentingan Indonesia mengekspor CPO ke China pada tahun 2018-2020. *Jurnal Online Mahasiswa FISIP*, 9(I), 1-6. <https://jnse.ejournal.unri.ac.id/index.php/JOMFSIP/article/view/32834>
- Bappeti (2023). Stock price (forward-futures-spot) ministry of trade's commodity futures trading regulatory agency (Bappebti). Ministry of Trade of Republic of Indonesia. Retrieved May 07, 2023, from https://bappebti.go.id/harga_komoditi_bursa
- BPDPKS (2021). Turunkan bea masuk CPO menjadi 2.5%, impor minyak sawit India meningkat signifikan pada September 2021. BPD. Retrieved July 08, 2023, from <https://www.bpd.or.id/turunkan-bea-masuk-cpo-menjadi-25-impor-minyak-sawit-india-meningkat-signifikan-pada-september-2021>
- BPS (2020). Indonesian Oil Palm Statistics 2020. ISSN: 1978-9947. PN:05100.2111. BPS C:5504003. Statistics Indonesia, Jakarta.
- BPS (2021a). Indonesian Economic Report 2021. Dampak Adanya Program Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) terhadap Perekonomian Indonesia di Masa Pandemi. ISSN:1858-0963. PN:07300.2114. BPS C:9199007. Statistics Indonesia, Jakarta.
- BPS (2021b). Indonesian Oil Palm Statistics 2021. ISSN:1978-9947. PN:05100.2209. BPS C:5504003. Statistics Indonesia, Jakarta.
- BPS (2022). Indonesian Economic Report 2022. ISSN:1858-0963. PN:07300.2116. BPS C:9199007. Statistics Indonesia, Jakarta.
- CFR (2023). 1950-2022 Oil dependence and U.S. foreign policy. Council on Foreign Relations. Retrieved April 04, 2023, from https://www.cfr.org/timeline/oil-dependence-and-us-foreign-policy?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCU0xRyE7xBnNnX2aUZ4l5YJqe84RSSIMy1CRORpnZPE659-Qwf3pPxoCH1gQAvD_BwE
- Christina, B. (2020). Hit by oil crash, Indonesia set to delay B40 biodiesel, stay with B30 for now. Reuters. Retrieved April 20, 2023, from <https://www.reuters.com/article/indonesia-biodiesel-idUKL4N2CQ2F1>
- Christina, B., & Alison, W. (2022). Indonesia to sell 2.5 million tonnes of palm oil to China. Reuters. Retrieved May 02, 2023, from <https://www.reuters.com/markets/commodities/indonesia-sell-25-million-tonnes-palm-oil-china-2022-11-11/>
- DGEIMA (2023). Statistical of National Leading Estate Crops Commodity 2021-2023. Director General of Estate Indonesian Ministry of Agriculture, Jakarta.
- Ditjenbun (2020). Kementan tanggap: dampak akibat penyebaran COVID-19 bagi ekspor komoditas perkebunan. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan (ditjenbun). Retrieved May 07, 2022, from <https://ditjenbun.pertanian.go.id/kementan-tanggap-dampak-akibat-penyebaran-COVID-19-bagi-ekspor-komoditas-komoditas-perkebunan/>
- GAPKI (2021). Refleksi industri sawit 2020 & prospek 2021. Indonesian Palm Oil Association (GAPKI). Retrieved June 06, 2022, from <https://gapki.id/news/2021/02/05/refleksi-industri-sawit-2020-prospek-2021/>
- GAPKI (2022). Kinerja industri sawit 2021 & prospek 2022. Indonesian Palm Oil Association (GAPKI). Retrieved May 03, 2023, from <https://gapki.id/news/2022/01/29/kinerja-industri-sawit-2021-prospek-2022/>
- GAPKI (2023). Kinerja industri sawit Indonesia. Indonesian Palm Oil Association (GAPKI). Retrieved May 03, 2023, from <https://gapki.id/kinerja-industri-sawit-indonesia/>
- Hendra, R. (2019). Industri sawit dan tantangan perang dagang Uni Eropa. KOMPAS. Retrieved October 10, 2023, from <https://www.kompas.id/baca/opini/2019/12/31/industri-sawit-dan-tantangan-perang-dagang-uni-eropa-2>
- Henry, I. (2020). Isu perang dagang mengancam aktivitas perdagangan komoditas ekspor kelapa sawit. *Jurnal Ilmiah Administrasi Bisnis*, 16 (2), 114-139. <https://doi.org/10.26593/jab.v16i2.4219.114-139>
- Indexmundi (2022a). Palm oil exports by country in 1000 MT. Indexmundi. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=exports>
- Indexmundi (2022b). Palm oil production by country in 1000 MT. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil>
- Jadhav, R., David, G., & Jane, M. (2021). India cuts crude palm oil import tax, potentially boosting imports. Reuters. Retrieved July 08, 2023, from <https://www.reuters.com/article/india-palmoil-duty-idUSKCN2E520C>
- Jadhav, R., Shri, N., & Angus, M. (2020). India raises import tax on crude palm oil to 44%. Reuters. Retrieved July 08, 2023, from <https://www.reuters.com/article/india-palmoil-imports-idINKBN1ZV3H9>
- Kamath, A. (2022). How will hiking import tax on palm crude oil help Indian farmers?. Dailyo. Retrieved June 02, 2023, from <https://www.dailyo.in/wallet/how-will-hiking-import-tax-on-palm-crude-oil-help-indian-farmers-37636>
- Kemenkeu (2020). Respon kebijakan ekonomi indonesia dalam menghadapi Tantangan COVID-19. Ministry of Finance Republic of Indonesia. Retrieved April 20, 2023, from <https://pen.kemenkeu.go.id/in/page/tantangancovid>
- KOMINFO (2019a). Tiga langkah strategis pemerintah dorong peningkatan ekspor. Ministry of Communication and Information of the Republic of Indonesia. Retrieved October 10, 2023, from <https://www.kominfo.go.id/content/detail/17094/tiga-langkah-strategis-pemerintah-dorong-peningkatan-ekspor/0/berita>
- KOMINFO (2019b). Pertama di dunia, Indonesia terapkan biodiesel 30 persen (B30). Ministry of

Communication and Information of the Republic of Indonesia. Retrieved October 10, 2023, from https://www.kominfo.go.id/index.php/content/detail/23437/pertama-di-dunia-indonesia-terapkan-biodiesel-30-persen-b30/0/artikel_gpr

LPEI (2021). Outlook ekspor komoditas utama Indonesia 2021. Indonesia Eximbank Lembaga Pembiayaan Ekspor Indonesia (LPEI). Retrieved May 07, 2023, from <https://www.indonesiaeximbank.go.id/annual-report>

MEARI (2021). Bahas Penguatan Kerjasama Bilateral, Indonesia-Malaysia Fokus Pada Kolaborasi di Bidang Kelapa Sawit. Siaran Pers HM.4.6/350/SET.M.EKON.3/10/2021. Ministry for Economic Affairs of the Republic of Indonesia, Jakarta.

MIRI (2021). *Tantangan dan Prospek Hilirisasi Sawit Nasional Analisis Pembangunan Industri, Edisi IV*. Ministry of Industry of the Republic of Indonesia, Jakarta.

MRR (2021). Global vegetable oil market research report industry analysis, size, share, growth, trends and forecast 2020 to 2027. Market Research Report. Retrieved May 08, 2023, from <https://www.giiresearch.com/report/vmr1008992-global-vegetable-oil-market-research-report.html>

World Bank (2022). World Bank commodity price data (the pink sheet), annual prices, 1960 to present, real 2010 US dollars. Retrieved March 07, 2023, from <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>

World Bank (2023). World bank commodity price data (the pink sheet), monthly prices in nominal US dollars 1960 to present. Retrieved March 07, 2023, from <https://databank.worldbank.org/databases/commodity-price-data>



Bazı Çarliston Tipi Biber Hatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Betül DOĞAN¹, Hüsnü ÜNLÜ^{2*}

¹Anamas Tohum Ltd. Şti., Serik, Antalya, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar: husnuunlu@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 7/11/2023
Kabul tarihi: 20/11/2023

Anahtar Kelimeler Biber, Çarliston,
Morfolojik karakterizasyon

DOI: 10.55979/tjse.1387232

ÖZET

Bu araştırmada 20 adet çarliston tipi biber hattının bazı morfolojik özelliklerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında 27 adet morfolojik özellik üzerinde durulmuştur. Çalışmada biber hatlarında gerçekleştirilen gözlem ve değerlendirmelerin sonucunda; 20 hattın tamamında hipokotilde antosiyonin oluşumunun yok olduğu, meyve duruşunun sarkık olduğu, meyve uzunlamasına kesit şeklinin dar üçgen olduğu ve meyve tadının tatlı olduğu tespit edilmiştir. Bitki duruş şekli bakımından hatlardan 2 tanesinin (Ch 5 ve Ch 19) yarı dik, 18 hattın ise dik bitki duruşuna sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca meyve olgunlaşma zamanı bakımından; 3 hattın orta, 7 hattın geçici ve 10 hattın ise erkenci oldukları tespit edilmiştir. Hatların yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, meyve sap uzunluğu ve meyve sapı kalınlığı değerlerinin sırasıyla 15.70-18.85 cm, 8.52-10.38 cm, 4.69-6.53 cm ve 4.61-7.56 mm arasında değiştiği saptanmıştır.

Determination of Morphological Characteristics of Some Charleston Type Pepper Lines

ARTICLE INFO

Received: 7/11/2023
Accepted: 20/11/2023

Keywords: Pepper, Charleston,
Morphological characteristics

DOI: 10.55979/tjse.1387232

ABSTRACT

In this research, it was aimed to reveal some morphological characteristics of 20 charleston type pepper lines. Within the study, 27 morphological features were investigated. As a result of the observations and evaluations made on the pepper lines in the study; it was determined that anthocyanin formation in the hypocotyl was absent in all 20 lines, the fruit posture was drooping, the fruit longitudinal cross-sectional shape was narrow triangular and the fruit taste was sweet. In terms of plant posture, it was determined that 2 of the lines (Ch 5 and Ch 19) had semi-upright and 18 lines had upright plant posture. Also in the study, in terms of fruit ripening time; It was determined that 3 lines were medium, 7 lines were late and 10 lines were early. It was determined that the leaf length, leaf width, fruit stem length and fruit stem thickness values of the lines varied between 15.70-18.85 cm, 8.52-10.38 cm, 4.69-6.53 cm, and 4.61-7.56 mm, respectively.

1. Giriş

Solanaceae familyasına ait bir tür olan biber (*Capsicum annuum* L.) ılıman ve subtropik ülkelerde bir yıllık olarak, tropikal ülkelerde ise iki veya çok yıllık olarak yetiştirilen bir bitki türüdür (Aybak, 2007). Biberin anavatanı Amerika Kıtası'nın subtropik ve tropik ülkeleri olarak bilinmektedir (Şalk vd., 2008). Günümüzde en az 32 yabancı tür (Bosland & Votava, 2012) ve 5 adet kültüre alınmış tür (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* ve *C. pubescens*) bulunmaktadır (Pickersgill, 1997). Bu türlerden en çok yetiştirilen, geniş adaptasyon yeteneğine sahip ve ekonomik olarak önemli olan tür *Capsicum annuum* L.'dir (Onus, 2001; Fidan ve Barut, 2019).

Somos (1984), biberin Latince'de cins ismi olarak kullanılan *Capsicum*'un Yunanca'da acı anlamına gelen ve 'kapso' kelimesinden türediğini bildirmektedir. Araştırmacılar biberin anavatanının tropikal Amerika olduğunu ve buradan da dünyaya yayılım gösterdiğini kabul etmektedirler (Vural vd., 2000).

Andrews (1999), biberin Orta Amerika'dan Portekizliler aracılığı ile Hindistan'a buradan da Arap yarımadasına getirildiğini bildirmektedir. Daha sonra ise Bağdat ve Antakya üzerinden İstanbul'a getirilip, 1515-1662 yıllarında Rusya, Venedik ve Orta Avrupa'da yayılım gösterdiği bilinmektedir.

Dünya'da ve ülkemizde meyvesi yenen sebzeler arasında farklı şekillerde tüketilen sebzelerden biri olan biber; domates ve hıyardan sonra 1.068.884 ton ile örtüaltında en çok üretilen sebze türlerindedir (TÜİK, 2023). Taze tüketimi ve sanayi sebzeçiliğinde işlenerek değerlendirilen biber önemli potansiyele sahip olan türlerden birisidir. Ülkemizde hemen hemen her bölgede yetiştirilen biber, gıda sanayiinde konserve, salça, baharat, dondurularak, turşu, sos, boya ve ilaç sanayiinde farklı şekilde işlenerek kullanılmaktadır (Aybak, 2007).

Türkiye dünyanın en önemli biber üreten ülkelerinden birisidir. Dünya'da toplam üretilen 36.286.640 milyon ton biberin yaklaşık %8.52'si Türkiye'de üretilmektedir.

Türkiye biber üreten ülkeler arasında Çin'den sonra 2. sırada yer almaktadır. Bunu Endonezya, Meksika, İspanya, Mısır, Nijerya, ABD ve diğer ülkeler takip etmektedir (FAO, 2022).

Ülkemizde biber yetiştiriciliği yaygın olarak Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yapılmaktadır. En çok üretimi yapılan biber tipleri ise sırası ile kapyra (1.4 milyon ton), sivri (979 bin ton), dolma (404 bin ton) ve çarliston (153 bin ton) biberdir. Ülkemizde toplam sebze üretim alanı 2022 yılında 816 bin hektar, toplam sebze üretim miktarı ise 31.6 milyon tondur. Toplam sebze üretim alanı ve miktarı içerisinde 764 bin da alanda, 3 milyon ton biber üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de 2022 yılı toplam çarliston biber üretim alanı 22.423 da olup, bu alanda toplam 153.524 ton üretim gerçekleştirilmiştir. Örtüaltında ise çarliston biber üretim miktarı 122.683 tondur (TÜİK, 2022).

Günümüzde sebze üretiminde yoğun bir şekilde F₁ hibrit çeşitler kullanılmaktadır (Karaağaç & Balkaya, 2009). Örtüaltı yetiştiriciliğinde kullanılan sebze türlerinin çeşitleri büyük oranda hibrit çeşitlerden oluşmaktadır (Duman vd., 2020). Özellikle domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz gibi sebze türlerinde hibrit çeşitler yoğun bir şekilde kullanılmakta ve her geçen gün hibrit çeşitlerin pazar payında artışlar yaşanmaktadır (Balkaya, 2012). Hibrit çeşitlerin bu kadar yoğun geliştirilmesinin ve kullanılmasının nedeni; bu çeşitlerin standart çeşitlere göre daha kaliteli ve homojen ürün vermeleri, yüksek verim ve erkencilik sağlamaları, farklı hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı olmaları, adaptasyon gücünün yüksek olması gibi bazı üstün yanlarıdır (Yanmaz, 2006).

Hibrit tohum üretiminde kullanılacak olan ebeveynlerin üstün genetik ve morfolojik özelliklere sahip olması gerekir. Özellikleri belli olmayan bir materyalin ıslah çalışmalarında değerlendirilme olasılığı azdır. Özellikleri belirlenmiş, karakterize edilmiş materyallerle ıslah çalışması yapmak ıslah süresi ve maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir (Başak, 2019).

Yapılan sebze ıslahı çalışmalarında verimlilik, meyve rengi, meyve iriliği gibi dış görünüm kalite özellikleri üzerinde durulmaktadır. Ayrıca hastalık ve zararlılara dayanımı üzerinde de çalışmalara ağırlık verilmektedir. Sebze türlerinin fitokimyasallar bakımından zengin olması, tat ve aroma maddeleri gibi tüketicinin önem verdiği kriterler hedef olarak ön plana çıkmaktadır (Abak, 2022). Bu nedenle sebze türlerinde kaliteyi artırmak amacı ile gerçekleştirilen her türlü çalışma sebze türlerinin tüketim ve üretimi üzerinde önemli derecede artışlara sebebiyet verecektir (Salles, 2008).

Ülkemizde tek yıllık üretilen biberde yerel popülasyonlarda yapılan seleksiyon ve doğal melezlemeler sayesinde farklı bitki yapısına ve meyve özelliklerine sahip genotipler ortaya çıkmıştır. Bu nedenle biberde bitki genetik kaynaklarında genotip sayısı her geçen gün artmaktadır (Bozokalfa & Eşiyok, 2010). Bitki genetik kaynaklarının değerlendirilerek eldeki gen kaynaklarının tanımlanması özellikle ıslahçılara genetik materyal temin

edilmesi açısından oldukça önemlidir (Smith & Smith, 1989).

Çeşide bağlı olarak biber meyvesinin büyüklüğü, şekli, et kalınlığı, tadı vb. özellikler farklı olabilmektedir. Meyve et kalınlığı biber tiplerini birbirinden ayıran en önemli kriterlerdendir (Sevgican, 2002). Üretimi ve tüketimi açısından değerlendirilen sofralık biber tipleri genel olarak 8 grupta toplanmaktadır (Abak & Onus, 2022).

Meyve yapısı bakımından çarliston biber, sivri biberlere göre daha kalındır. Bu tip biberler bitki üzerinde dik veya sarkık halde bulunurlar. Ortalama meyve uzunluğu 20-22 cm, meyve çapları ise 5-6 cm'dir (Öztek, 2019). Bu biber tipinin endüstriyel meyve olgunluk rengi sarı, açık yeşil, yeşildir. Taze olarak salata, kızartması yapılan yemeklere tat katan etli yapıda olan çarliston biber, haşlanıp sirkeli, sarımsaklı olarak turşu yapımında kullanılır. Renklerinin sarı-yeşil olması çabuk okside olmamaları bakımından karışık turşu yapımında da kullanılırlar (Aybak, 2007).

Bu bilgiler doğrultusunda, çalışmada bazı çarliston tipi biber hatlarının morfolojik özelliklerini saptanması hedeflenmiştir. Hatların morfolojik özelliklerinin ortaya konulması ileride yapılacak olan ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak kullanılma durumları açısından oldukça önemlidir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma Antalya ilinin Serik ilçesinde bulunan Anamas Tohum firmasına ait plastik örtülü bir serada yürütülmüştür. Çalışmada F₆ kademesinde fizyolojik bozuklukların görülmediği, meyve etinde çatlamamın olmadığı, sıcaklık değişimlerine tolerantlı olma durumları bakımından ön plana çıkan 20 adet çarliston tipi nitelikli biber hattı kullanılmıştır. Gen havuzunun ilk oluşumu esnasında F₂ kademesinde temin edilen tohumlar saflaştırılarak F₆ kademesine getirilmiştir. Islah programı sürdürülen müddetçe her dönemde fenotipik özellikleri bakımından seçimler yapılarak gen havuzu oluşturulmuştur.

Genotiplere ait tohumların ekimi 05 Ocak 2020 tarihinde yapılmıştır. İlaçlama, gübreleme ve bakım işlemleri yapılan fideler tohum ekiminden 55 gün sonra dikim yapılabilir aşamaya gelmiştir. Yetiştiriciliğin yapılacağı örtüaltı ortamından elde edilen toprak analiz sonuçlarına göre, denemenin yürütüldüğü toprağın pH değeri 7.6 (hafif alkalın), kireçli (%10.7), tuzsuz (%0.088), killi-tınlı, organik madde miktarı az (%1.42), toplam azot ve bitkiye yararlı demir içeriği yeterli, bitkiye yararlı fosfor, potasyum, mangan, ekstrakte edilebilir kalsiyum ve magnezyum içeriği ise fazla olarak tespit edilmiştir.

Genotiplere ait fidelerin dikimleri 01 Mart 2020 tarihinde geniş sıra arası 100 cm, dar sıra arası 70 cm, sıra üzeri 60 cm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde kurulmuştur.

Biber yetiştiriciliğinde optimum gelişme sıcaklığı 18-26 °C'dir. Bitkilerin gelişimi için en uygun değerlerin ise

gündüz sıcaklığının 21-26 °C, gece sıcaklığının 15-17 °C olması gerekmektedir. Biber yetiştiriciliği yapılan ortamların hava oransal nem isteği %70-75 olarak bilinmektedir (Eren vd., 2021). Çalışmamız boyunca sera içi sıcaklık derecelerinin bu değerlere yakın tutulabilmesi için havalandırma sistemleri kullanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü arazi çalışmasında biber bitkilerinde oluşan yeni sürgünler temizlenerek 3 ana dal üzerinden ipe alınmıştır. Yetiştiricilik dönemi boyunca budama, dolama gibi kültürel işlemler gerçekleştirilmiş, sulama yapılmış, bazı hastalık ve zararlılar ile mücadele edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında 27 morfolojik özellik TTSM'nin, biber için UPOV kriterlerini dikkate alarak oluşturduğu, FYD (Farklılık, Yeknasaklık ve Durulmuşluk)'ye göre incelenmiştir (TTSM, 2020).

Çalışmada genotiplerin fide döneminde hipokotilde antosiyanin oluşumu (var (9) veya yok (1)), genotiplerin bitki duruş şekilleri yetiştiricilik döneminin sonunda (dik (3), yarı dik (5) veya yatık (7)), bitki gövde uzunluğu (kısa (3), orta (5) veya uzun (7)), bitki boğum arası uzunluğu (çok kısa (1), kısa (3), orta (5), uzun (7) veya çok uzun (9)) değerlendirilmiştir. Genotiplerin çiçeklenmeye başlama zamanı bitkilerin %50'inde çiçeklenmenin başlaması ile (erkenci (3), orta (5) veya geçici (7)) gözlemleri yapılmıştır. Gelişimlerini tamamlayan biber genotiplerinin yaprak uzunluğu, yaprak eni ve yaprak sap uzunluğu cetvel yardımı ile cm cinsinden ölçülmüştür. Genotiplerin yaprak renkleri (açık yeşil (3), yeşil (5) ve koyu yeşil (7)) gözlemlenirken, yaprak kenarında dalgalanma (yok veya çok hafif (1), hafif (3), orta (5), kuvvetli (7) veya çok kuvvetli (9)) ve yaprakta kabarıklık (zayıf (3), orta (5), kuvvetli (7)) durumları tespit edilmiştir. Meyve olgunlaşma zamanı, 2. ve 3. boğumlarındaki meyveler baz alınarak (erkenci (3), orta (5), veya geçici (7)) olgunlaşma zamanına göre değerlendirilmiş, meyve olgunlaşmasından önceki meyve renkleri (beyaz (1), sarımsı (2), yeşil (3) ve mor (4)) ve meyvelerin bitki üzerinde duruş şekli (dik (1), yatay (2) veya sarkık (3)) gözlemlenerek belirlenmiştir. Genotiplere ait meyve enine kesit şekilleri (oval (1), üçgen (2), dörtgen (3), daire (4)), meyve uzunlamasına kesit şekli (düz (1), yuvarlak (2), kalp (3), kare (4), dikdörtgen (5), ikizkenar yamuk (6), üçgen (7), dar üçgen (8), boynuz (9)), meyve sap çukuru (yok (1), var (9)) gözlem sonuçlarına göre tespit edilmiştir. Genotiplerin meyve sap çukuru derinliği (yüzeysel (3), normal (5), derin (7)), meyve uç şekilleri (çok sivri (1), sivri (2), yuvarlak (3), hafif basık (4), basık (5), çok basık (6)), meyvelerin yüzey yapısı (düzgün (1), pürüzlü (2)) görsel olarak gözlemlenerek gruplandırılmıştır. Hasat olgunluğuna gelmiş meyveler enine kesilerek tohum odacık sayıları (iki (1), üç (2), dört (3)) ve tohum odacıkları arasındaki yivlilik durumları (yok veya çok yüzeysel (1), yüzeysel (3), normal (5), derin (7), çok derin (9)) belirlenmiştir. Genotiplerin her tekerrürde tatlarına bakılarak tatlı (1) veya acı (2) olma durumları belirlenmiştir. Plasentanın büyüklüğü ise (küçük (3), orta (5) veya büyük (7)) olarak belirlenmiştir. Genotiplere ait meyvelerin sap uzunlukları cetvel yardımı ile cm; meyve sap kalınlıkları ise dijital kumpas yardımı ile mm olarak kaydedilmiştir. Meyvelerin kaliks yapısı ise görsel olarak (örtüsüz (1), örtülü (2)) olarak gözlemlenmiştir.

Elde edilen veriler minitab paket programı ile varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan (%5) ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiş ve farklı harflerle gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada biber fidelerinin dikimden önce yapılan gözlemleri sonucunda, tüm genotiplerin hipokotillerinde antosiyanin oluşumu yok olarak tespit edilmiştir.

Kasapoğlu vd. (2019), 20 biber genotipinin morfolojik sınıflandırmasını ele aldıkları bir çalışmada tüm genotiplerde fide döneminde hipokotilde antosiyanin renklenmesinin mevcut olduğunu bildirmişlerdir. Başak (2019), 99 adet sivri biber genotiplerinde yaptığı bir çalışmanın sonucunda genotiplerin %7.1'inde hipokotillerde antosiyanin oluşumunun yok olduğunu bildirmektedir.

Bitki duruş şekli bakımından çalışmada kullanılan genotiplerden, 2 adedinin yarı dik, 18 adedinin dik bitki duruş şekline sahip oldukları belirlenmiştir. Yapılan gözlemlerde biber hatlarından 4 adedinin kısa, 11 adedinin orta ve 5 adedinin uzun bitki gövde uzunluğuna sahip oldukları saptanmıştır. Bitki boğum arası uzunluğu bakımından hatlar değerlendirildiklerinde ise 4 hattın çok kısa, 3 hattın kısa, 6 hattın orta, 5 hattın uzun ve 2 hattın çok uzun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Dilfiruz (2021), F₆ kademesindeki biber genotiplerinde morfolojik karakterizasyonlarını belirlemek amacı ile yaptıkları bir çalışmada bitki duruş şeklinin 87 genotipte dik, 11 genotipte yarı dik; bitki gövde uzunluğunun 70 genotipte kısa, 27 genotipte orta, 1 genotipte uzun, bitki boğum arası uzunluğunun ise 44 genotipte kısa, 52 genotipte orta, 2 genotipte uzun olarak bildirmiştir. 2010-2011 yılları arasında yürütülen bir çalışmada 129 adet biber çeşidinde bitki gövde uzunluğu ile ilgili yapılan gözlemler sonucunda çeşitlerin %10.9'unun kısa, %50.4'ünün orta, %38.8'inin ise uzun olduğu bildirilmektedir (Ermiş vd., 2012). 2014 ve 2015 yıllarında, Kırşehir ilinde iki sezon yürütülen sivri biber morfolojik karakterizasyon çalışmasında 99 adet sivri biber genotipi kullanılmıştır. Çalışmanın 2014 yılındaki ölçüm sonuçlarına göre biber boğum arası uzunluğu 10.5-21.5 cm, 2015 yılı ölçümlerine göre ise 8-20.27 cm arasında değiştiği, iki sezondaki ölçümlerinin sonucunda boğum arası uzunluklarının en düşük 3.58 cm, en yüksek 7.48 cm olduğu bildirilmiştir (Başak, 2019).

Biber genotipleri çiçeklenmeye başlama zamanı bakımından değerlendirildiğinde 7 hattın erkenci (Ch 1, Ch 5, Ch 7, Ch 9, Ch 15, Ch 17 ve Ch 20), 3 hattın orta (Ch 6, Ch 8 ve Ch 19) ve 10 hattın geçici (Ch 2, Ch 3, Ch 4, Ch 10, Ch 11, Ch 12, Ch 13, Ch 14, Ch 16 ve Ch 18) oldukları saptanmıştır (Çizelge 1). Ermiş vd. (2012) tarafından, 129 adet biber çeşidinde çiçeklenme zamanı ile ilgili gözlemler sonucuna göre çeşitlerin %31'inin erkenci, %51.2'sinin orta erkenci, %17.8'inin geçici olduğu gözlemlenmiştir.

Hatların sap çukuru ve sap çukuru derinliğinin incelenmesi sonucunda Ch 13 numaralı hattın sap çukurunun var olduğu ve sap çukuru derinliğinin ise normal olduğu

belirlenmiştir. Diğer 19 biber hattın ise sap çukuru yok ve sap çukuru derinliğinin yüzeysel olduğu görülmüştür (Çizelge 1). 2019 yılında 4 yerel hat, 1 standart ve 1 hibrit çeşit olmak üzere 6 genotipte yapılan morfolojik karakterizasyon incelemesi sonucunda, meyve sap çukuru tüm genotiplerde yok olarak gözlemlenmiştir (Gülcan, 2020). Başak (2019), 99 adet sivri biber genotipinde yaptığı bir çalışmanın sonucunda, genotiplerde sap çukuru derinliğini %2'sinde sığ, %98'inde ise yok olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve yaprak sap uzunluğu bakımından genotipler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu görülmektedir. Biber genotiplerinin yaprak uzunluğu ölçümleri sonucunda en yüksek değere sahip olan hatların sırası ile Ch 3 (19.77 cm), Ch 6 (19.07 cm), Ch 17 (18.85 cm) ve Ch 15 (18.70 cm) olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en düşük yaprak uzunluğu 15.62 cm ile Ch 12 numaralı hattın olduğu ve onu sırasıyla 15.70 cm değerine sahip olan Ch 9, 15.86 cm ile Ch 13 ve 15.91 cm ile Ch 11 numaralı hatların takip ettiği görülmektedir. Yaprak genişliği ölçümlerinde ise en yüksek değere sahip olan hatların Ch 14 (10.38 cm), Ch 18 (10.05 cm), Ch 8 (9.70 cm) ve Ch 17 (9.60 cm) olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en düşük yaprak genişliği 8.52 cm ile Ch 20 numaralı hattın olduğu ve onu sırasıyla 8.74 cm değerine sahip olan Ch 9, 8.85 cm ile Ch 12 ve 8.86 cm ile Ch 2 numaralı hatlar takip etmektedir. Yaprak sapı uzunluğu ölçümleri sonucunda en yüksek değere sahip olan hatların Ch 15 (13.68 cm), Ch 4 (12.42 cm), Ch 3 (12.37 cm) ve Ch 16 (12.34 cm) olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en düşük yaprak sapı uzunluğu 7.96 cm ile Ch 5 numaralı hattın olduğu ve onu sırasıyla 8.95 cm değerine sahip olan Ch 1, 9.01 cm ile Ch 19 ve 9.14 cm ile Ch 13 numaralı hatların takip ettiği görülmektedir (Çizelge 2). Adıyaman'da yapılan bir çalışmada 29 biber genotipinde incelenen morfolojik karakterizasyon gözlem sonuçlarına göre, yaprak uzunluğunun 11.66-19.00 cm, yaprak genişliğinin 6.42-10.83 cm, yaprak sap uzunluğunun ise 4.16-9.83 cm değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir (Şahin vd., 2022).

Biber genotiplerinin yaprak renkleri yeşil ve koyu yeşil olarak tespit edilmiştir. Gözlem sonucuna göre 3 hattın koyu yeşil (Ch 1, Ch 15 ve Ch 19) ve diğer 17 hattın yeşil yaprak rengine sahip olduğu belirlenmiştir. Yaprak kenarında dalgalanma durumlarına göre değerlendirilen genotiplerden 14 adedinin yok veya çok hafif, 4 adedinin hafif ve 2 adedinin orta olduğu görülmüştür. Biber genotiplerinin yaprakta kabarıklık gözlemleri zayıf, orta ve kuvvetli olarak değerlendirildiğinde ise 12 hattın zayıf,

7 hattın orta ve 1 hattın (Ch 4) kuvvetli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). 7 ebeveyn ve 5 hibrit olmak üzere farklı tip biberlerde gerçekleştirilen bir çalışmanın sonucunda; yaprak renklerinin 5 genotipte yeşil, 3 genotipte açık yeşil ve 4 genotipte koyu yeşil olarak tespit ettiklerini bildirmektedirler (Roy vd., 2019). ETAE Gen Bankası'nda muhafaza edilen, 185 adet biber materyalinde yapılan morfolojik karakterizasyon çalışmasının sonucunda; 167 genotipin yaprak kenarında dalgalılığın var olduğu, yaprak renginin ise 23 popülasyonda açık yeşil, 105 popülasyonda yeşil, 57 popülasyonda ise koyu yeşil olarak gözlemlendiği bildirilmektedir (Mutlu vd., 2009). Kırşehir ilinde 2014 ve 2015 yıllarında yapılan bir çalışmada merkez ve köylerinden toplanan biber genotipleri içerisindeki 99 adet sivri biber genotipinde UPOV kriterlerine göre karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Genotiplerin yaprakta kabarıklılığı %23.2'sinde çok zayıf, %74.7'sinde zayıf, %2'sinde ise orta olarak gözlemlenmiştir (Başak, 2019).

Çalışmada kullanılan genotiplerden meyve olgunlaşma zamanı bakımından 10 adedinin erkenci, 3 adedinin orta ve 7 adedinin geçici olduğu belirlenmiştir. Meyve olumdan önceki rengi bakımından incelenen genotiplerin 11 adedinin yeşil, 5 adedinin sarımsı ve 4 adedinin beyaz renkte olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Bengal'de 12 adet biber genotipinde yapılan morfolojik karakterizasyon gözlem sonuçlarına göre, meyve olumdan önceki meyve rengi 3 genotip yeşil, 4 genotip açık yeşil, 4 genotip koyu yeşil ve 1 genotipte çok koyu yeşil olarak gruplandırılmıştır (Roy vd., 2019). Kırşehir'de 99 sivri biber genotipinde yapılan bir çalışmada, meyve olgunlaşma zamanı, genotiplerin %23.2'sinde erkenci, %59.6'sında orta, %17.2'sinde geçici olduğu bildirilmiştir (Başak, 2019).

Çalışmada kullanılan 20 biber genotipinin, meyve duruşu bakımından tamamının sarkık ve meyve uzunlamasına kesit şekli bakımından tamamının dar üçgen şeklinde oldukları saptanmıştır. Meyve enine kesit şekli incelenen genotiplerde 8 adedinin (Ch 2, Ch 3, Ch 7, Ch 8, Ch 10, Ch 11, Ch 15 ve Ch 20) oval, 4 adedinin (Ch 5, Ch 9, Ch 12 ve Ch 19) üçgen ve 8 adedinin (Ch 1, Ch 4, Ch 6, Ch 13, Ch 14, Ch 16, Ch 17 ve Ch 18) daire şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Roy vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, 12 biber genotipinin morfolojik karakterizasyon gözlem sonuçlarına göre, meyve duruş şekli bakımından 9 genotipte sarkık, 3 genotipte yarı sarkık olduğu bildirilmiştir. Kasapoğlu vd. (2019), 20 sivri biber genotipinde yapmış olduğu bir çalışmada meyve enine kesit şekli bakımından 14 genotipin daire, 6 genotipin oval olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Biber genotiplerine ait bitkilerin duruş şekli, gövde uzunluğu, bitki boğum arası uzunluğu, çiçeklenme başlama zamanı, meyve sap çukuru, meyve sap çukuru derinliği gözlemleri
Table 1. Plant posture, stem length, plant internode length, flowering time, fruit stem pit, and fruit stem pit depth determinations of pepper genotypes

Çeşit Adı	Bitki Duruş Şekli	Bitki Gövde Uzunluğu	Bitki Boğum Arası Uzunluğu	Çiçeklenme Başlama Zamanı	Meyve Sap Çukuru	Meyve Sap Çukuru Derinliği
Ch 1	Dik (3)	Uzun (7)	Kısa (3)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 2	Dik (3)	Uzun (7)	Kısa (3)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 3	Dik (3)	Kısa (3)	Çok Kısa (1)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 4	Dik (3)	Uzun (7)	Uzun (7)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 5	Yarı Dik (5)	Orta (5)	Kısa (3)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 6	Dik (3)	Orta (5)	Uzun (7)	Orta (5)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 7	Dik (3)	Kısa (3)	Çok Kısa (1)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 8	Dik (3)	Kısa (3)	Orta (5)	Orta (5)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 9	Dik (3)	Kısa (3)	Çok Kısa (1)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 10	Dik (3)	Orta (5)	Çok Uzun (9)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 11	Dik (3)	Orta (5)	Uzun (7)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 12	Dik (3)	Orta (5)	Orta (5)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 13	Dik (3)	Orta (5)	Orta (5)	Geçici (7)	Var (9)	Normal (5)
Ch 14	Dik (3)	Orta (5)	Orta (5)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 15	Dik (3)	Orta (5)	Uzun (7)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 16	Dik (3)	Uzun (7)	Orta (5)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 17	Dik (3)	Uzun (7)	Uzun (7)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 18	Dik (3)	Orta (5)	Orta (5)	Geçici (7)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 19	Yarı Dik (5)	Orta (5)	Çok Uzun (9)	Orta (5)	Yok (1)	Yüzeysel (3)
Ch 20	Dik (3)	Orta (5)	Çok Kısa (1)	Erkenci (3)	Yok (1)	Yüzeysel (3)

İncelenen 20 biber genotipinden meyve uç şekli bakımından 3 hattın çok sivri, 13 hattın sivri ve 4 hattın yuvarlak olduğu görülmüştür. Hatların meyve yüzeyinin değerlendirilmesi sonucunda 2 hattın pürüzlü ve 18 hattın düzgün meyve yüzeyine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Tatar (2022), 81 adet Gaziantep biber genotipi ve 15 adet kontrol grubunda yapılan morfolojik karakterizasyon sonunda meyve yüzey yapısının tüm genotiplerde düzgün olduğunu gözlemlemiştir. Gökmen (2018), 23 yerel hat ve 9 adet F₁ genotiplerinden oluşan bir çalışmanın içerisinde bulunan 7 adet çarliston tipine ait biberlerin meyve uç şeklinin, 1 genotipte küt, 1 genotipte içeride ve 5 genotipte sivri olarak gözlemlemiştir. Meyve yüzeyi gözlemleri sonucunda 4 adet genotipi pürüzsüz, 2 adet genotipi yarı buruşuk ve 1 adet genotipi ise buruşuk olarak bildirilmiştir.

20 çarliston tipi biber genotipinin tohum odacıklarının ortalama sayısı ve tohum odacıkları arasındaki yivlilik gözlem sonuçları Çizelge 4'de belirtilmiştir. Her bir

genotipin meyveleri enine kesilerek tohum odacıklarının ortalama sayıları 2 ve 3 olarak gözlemlenmiştir. Gözlem sonucuna göre Ch 8, Ch 11, Ch 13, Ch 15, Ch 19 ve Ch 20 numaralı genotiplerin 2 odacık sayısına; Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4, Ch 5, Ch 6, Ch 7, Ch 9, Ch 10, Ch12, Ch 14, Ch 16, Ch 17 ve Ch 18 numaralı genotiplerin 3 odacık sayısına sahip oldukları tespit edilmiştir. FYD kriterlerine göre tohum odacıkları arasındaki yivlilik bakımından Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4, Ch 6, Ch 7, Ch 8, Ch 11, Ch 13 ve Ch 20 numaralı genotiplerde yok veya çok yüzeysel; Ch 5, Ch 10, Ch 12 ve Ch 17 numaralı hatlarda normal ve Ch 9, Ch 14, Ch 15, Ch 16, Ch 18 ve Ch 19 numaralı hatlarda derin olduğu belirlenmiştir. Yerel popülasyonların toplanmasıyla elde edilen 29 biber genotipinde yapılan bir çalışma içerisinde bulunan 7 çarliston biber genotipinde tohum odacıklarının ortalama sayısının 2 ile 3 arasında değiştiği bildirilmiştir (Binbir, 2010). Tatar (2022), 81 adet Gaziantep biber genotipi ve 15 adet kontrol grubunda yapmış olduğu bir çalışmada tohum odacık sayısını tüm genotiplerde 3 adet olduğunu bildirmektedir.

Çizelge 2. Biber genotiplerine ait bitkilerin yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, yaprak sap uzunluğu, yaprak rengi, yaprak kenarında dalgalanma ve yaprakta kabarıklık değerleri

Table 2. Leaf length, width, petiole length, leaf colour, leaf margin waviness and leaf swelling values for pepper genotypes

Çeşit Adı	Yaprak Uzunluğu (cm)	Yaprak Genişliği (cm)	Yaprak Sap Uzunluğu (cm)	Yaprak Rengi	Yaprak Kenarında Dalgalanma	Yaprakta Kabarıklık
Ch 1	17.45 defg	9.49 bcd	8.95 fg	Koyu Yeşil (7)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 2	17.78 bcdefg	8.86 cde	10.70 cd	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 3	19.77 a	9.67 abc	12.37 ab	Yeşil (5)	Orta (5)	Orta (5)
Ch 4	18.10bcde	9.06 cde	12.42 ab	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Kuvvetli (7)
Ch 5	17.27 efgh	9.53 abcd	7.96 g	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 6	19.07 ab	9.22 bcde	9.99 def	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 7	18.33 bcde	9.36 bcde	10.59 cde	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 8	16.10 hı	9.70 abc	10.58 cde	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 9	15.7 ı	8.74 de	9.47 def	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 10	17.71 cdefg	9.25 bcde	10.59 cde	Yeşil (5)	Hafif (3)	Zayıf (3)
Ch 11	15.91 ı	9.03 cde	9.40 defg	Yeşil (5)	Hafif (3)	Zayıf (3)
Ch 12	15.62 ı	8.85 cde	9.33 defg	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 13	15.86 ı	9.08 cde	9.14 efg	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 14	18.00 bcdef	10.38 a	10.15 def	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 15	18.70 abcd	9.01 cde	13.68 a	Koyu Yeşil (7)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 16	17.55 cdefg	9.55 abcd	12.34 ab	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Zayıf (3)
Ch 17	18.85 abc	9.60 abc	10.42 def	Yeşil (5)	Hafif (3)	Zayıf (3)
Ch 18	16.73 fghı	10.05 ab	11.95 bc	Yeşil (5)	Yok veya Çok Hafif (1)	Orta (5)
Ch 19	17.48 defg	9.41 bcd	9.01 fg	Koyu Yeşil (7)	Orta (5)	Zayıf (3)
Ch 20	16.53 ghı	8.52 e	11.94 bc	Yeşil (5)	Hafif (3)	Zayıf (3)

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemsizdir.

Çalışmaya konu olan 20 biber genotipinin meyveleri tatlıdır. Plasenta büyüklükleri bakımından 6 biber hattı (Ch 2, Ch 3, Ch 5, Ch 8, Ch 9 ve Ch 18) küçük, 9 biber hattı (Ch 4, Ch 6, Ch 7, Ch 10, Ch 11, Ch 12, Ch 13, Ch 15 ve Ch 16) orta ve 5 biber hattı (Ch 1, Ch 14, Ch 17, Ch 19 ve Ch 20) büyük olarak gruplandırılmıştır. Genotipler kaliks görünüşü bakımından değerlendirildiğinde ise Ch 2, Ch 4 ve Ch 12 numaralı 3 genotipin örtülü, diğer 17 genotipin ise örtüsüz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). 20 sivri biber genotipinde yapılan bir çalışmada, 18 genotipin tatlı, 2 genotipin acı olduğu bildirilmiştir (Kasapoğlu vd., 2019). Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen bir çalışmada, 28 çarliston biber hibrit çeşit adayının 8 adedinin acı, 20 adedinin tatlı olduğu bildirilmiştir (Özalp, 2021). Şahin vd. (2022), 29 biber genotipinde yaptıkları bir çalışmada, plasenta büyüklüğünü, 13 genotipte büyük, 11 genotipte orta, 5 genotipte ise küçük olarak tespit etmişlerdir. Kırşehir ilinde 2014 ve 2015 yıllarında yapılan bir çalışmada, 99 adet sivri biber genotipinde UPOV kriterlerine göre karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Genotiplerin kaliks görünüşü, %30.3'ünde kaplamasız, %69.7'sinde kaplamalı olarak bildirilmektedir (Başak, 2019).

Çalışmada biber genotiplerinin meyve sap uzunluğu ve meyve sapı kalınlığı ölçüm sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde hatlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Çalışmada kullanılan genotiplerin meyve sap uzunluğu değerlerinin 4.69 (Ch 2)- 6.53 (Ch 8) cm, meyve sapı kalınlığı değerlerinin ise 4.61 (Ch 17)-7.56 (Ch 5) mm arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. 23 yerel hat ve 9 adet F_1 genotiplerinden oluşan bir çalışmanın içerisinde bulunan 7 adet çarliston tipine ait biberlerin meyve sap uzunluklarının 3.5-4.88 cm, meyve sap kalınlıklarının ise 2.6-7.4 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Gökmen, 2018). Öntürk ve Çürük (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ele alınan 16 köy tipi biber popülasyonunda, meyve sap uzunluğu 3.45-5.75 mm, meyve sap kalınlığı ise 5.18-7.02 mm arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3. Biber genotiplerinde meyve olgunlaşma zamanı, meyve olumdan önceki meyve rengi, meyve enine kesit şekli, meyve uç şekli, meyve yüzeyinin yapısı

Table 3. Fruit ripening time, fruit colour before fruit ripening, fruit cross-sectional shape, fruit tip shape and fruit surface structure in pepper genotypes

Çeşit Adı	Meyve Olgunlaşma Zamanı	Meyve Olumdan Önceki Meyve Rengi	Meyve Enine Kesit Şekli	Meyve Uç Şekli	Meyve Yüzeyinin Yapısı
Ch 1	Geççi (7)	Beyaz (1)	Daire (4)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 2	Geççi (7)	Sarımsı (2)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 3	Geççi (7)	Beyaz (1)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 4	Orta (5)	Yeşil (3)	Daire (4)	Çok Sivri (1)	Düzgün (1)
Ch 5	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Üçgen (2)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 6	Orta (5)	Sarımsı (2)	Daire (4)	Yuvarlak (3)	Düzgün (1)
Ch 7	Geççi (7)	Sarımsı (2)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 8	Geççi (7)	Yeşil (3)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 9	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Üçgen (2)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 10	Geççi (7)	Yeşil (3)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 11	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Oval (1)	Çok Sivri (1)	Düzgün (1)
Ch 12	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Üçgen (2)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 13	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Daire (4)	Yuvarlak (3)	Düzgün (1)
Ch 14	Orta (5)	Yeşil (3)	Daire (4)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 15	Erkenci (3)	Sarımsı (2)	Oval (1)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 16	Erkenci (3)	Beyaz (1)	Daire (4)	Sivri (2)	Düzgün (1)
Ch 17	Erkenci (3)	Yeşil (3)	Daire (4)	Sivri (2)	Pürüzlü (2)
Ch 18	Erkenci (3)	Sarımsı (2)	Daire (4)	Yuvarlak (3)	Pürüzlü (2)
Ch 19	Erkenci (3)	Beyaz (1)	Üçgen (2)	Yuvarlak (3)	Düzgün (1)
Ch 20	Geççi (7)	Yeşil (3)	Oval (1)	Çok Sivri (1)	Düzgün (1)

Çizelge 4. Biber genotiplerine ait tohum odacıklarının ortalama sayısı, tohum odacıklarının arasındaki yivlilik, plasenta büyüklüğü, kaliks görünüşü, meyve sap uzunluğu ve meyve sap kalınlığı değerleri

Table 4. Mean values for number of seed locules, groove between seed locules, placenta size, calyx appearance, pedicel length and pedicel thickness of pepper genotypes

Çeşit Adı	Tohum Odacıklarının Ortalama Sayısı	Tohum Odacıklarının Arasındaki Yivlilik	Plasenta Büyüklüğü	Kaliks Görünüşü	Meyve Sap Uzunluğu (cm)	Meyve Sapı Kalınlığı (mm)
Ch 1	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Büyük (7)	Örtüsüz (1)	5.83 abcd	6.45 cde
Ch 2	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Küçük (3)	Örtülü (2)	4.69 h	6.76 abcd
Ch 3	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Küçük (3)	Örtüsüz (1)	4.98 efgh	6.01 def
Ch 4	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Orta (5)	Örtülü (2)	5.75 bcd	6.40 cde
Ch 5	3 (2)	Normal (5)	Küçük (3)	Örtüsüz (1)	5.26 defgh	7.56 a
Ch 6	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	6.41 ab	5.77 efg
Ch 7	3 (2)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	5.50 cdefg	7.50 ab
Ch 8	2 (1)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Küçük (3)	Örtüsüz (1)	6.53 a	5.67 efg
Ch 9	3 (2)	Derin (7)	Küçük (3)	Örtüsüz (1)	5.01 efgh	7.13 abc
Ch 10	3 (2)	Normal (5)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	5.64 cde	6.37 cde
Ch 11	2 (1)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	5.66 cde	6.52 bcde
Ch 12	3 (2)	Normal (5)	Orta (5)	Örtülü (2)	5.59 cdef	6.83 abcd
Ch 13	2 (1)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	4.91 fgh	6.28 cde
Ch 14	3 (2)	Derin (7)	Büyük (7)	Örtüsüz (1)	6.49 a	5.10 fgh

Çizelge 4. Biber genotiplerine ait tohum odacıklarının ortalama sayısı, tohum odacıklarının arasındaki yivlilik, plasenta büyüklüğü, kaliks görünüşü, meyve sap uzunluğu ve meyve sap kalınlığı değerleri (Devamı)

Table 4. Mean values for number of seed locules, groove between seed locules, placenta size, calyx appearance, pedicel length and pedicel thickness of pepper genotypes (Continued)

Ch 15	2 (1)	Derin (7)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	5.60 cdef	5.01 gh
Ch 16	3 (2)	Derin (7)	Orta (5)	Örtüsüz (1)	6.39 ab	4.63 h
Ch 17	3 (2)	Normal (5)	Büyük (7)	Örtüsüz (1)	5.88 abcd	4.61 h
Ch 18	3 (2)	Derin (7)	Küçük (3)	Örtüsüz (1)	6.03 abc	5.19 fgh
Ch 19	2 (1)	Derin (7)	Büyük (7)	Örtüsüz (1)	5.02 efgh	5.11 fgh
Ch 20	2 (1)	Yok veya Çok Yüzeysel (1)	Büyük (7)	Örtüsüz (1)	4.86 gh	6.96 abcd

*: Aynı harfe sahip ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemsizdir.

4. Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışmada 20 çarliston biber hattında (F6 kademesinde) morfolojik karakterlerinin detaylı bir şekilde ortaya koyulması hedeflenmiştir. Islah çalışmalarında hedeflere ulaşabilmenin en önemli parametrelerinden birisi gen havuzundaki materyallerin özelliklerinin bilinmesidir. Dolayısıyla bu çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda ileride yapılacak çeşit geliştirme çalışmalarında bu hatların ebeveyn olarak kullanımı mümkün olabilecektir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde farklı parametreler bakımından biber hatlarından ön plana çıkanlar aşağıda sunulmuştur.

Gerçekleştirilen çalışmada gözlem ve değerlendirmelerin sonucunda biber hatlarının tamamında; meyve tadının tatlı olduğu, hipokotilde antosiyanin oluşumunun yok olduğu, meyve duruşunun sarkık olduğu ve meyve uzunlaşmasına kesit şeklinin dar üçgen olduğu saptanmıştır. Bitki duruş şekli bakımından hatlardan 2 tanesinin (Ch 5 ve Ch 19) yarı dik, 18 hattın ise dik bitki duruşuna sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışmada 2 hattın (Ch 17 ve Ch 18) dışındaki diğer 18 hattın düzgün meyve yüzey yapısına sahip oldukları saptanmıştır. Genotipler içerisinde yaprak uzunluğu bakımından Ch 17 (18.85 cm), yaprak genişliği bakımından Ch 14 (10.38 cm), meyve sap uzunluğu bakımından Ch 8 (6.53 cm) ve meyve sapı kalınlığı bakımından Ch 5 genotiplerinden en yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca meyve olgunlaşma zamanı bakımından; 3 hattın (Ch 4, Ch 6 ve Ch 14) orta, 7 hattın (Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 7, Ch 8, Ch 10 ve Ch 20) geçici ve 10 hattın (Ch 5, Ch 9, Ch 11, Ch 12, Ch 13, Ch 15, Ch 16, Ch 17, Ch 18 ve Ch 19) ise erkenci oldukları tespit edilmiştir.

5. Teşekkür

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Betül Doğan tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

6. Kaynaklar

- Abak, K. (2022). *Sebze Islahı Cilt 3: Solanaceae (Patlıcangiller)*. Ankara, Gece kitaplığı.
- Abak, K., & Onus, A.N. (2022). Biber Islahı. In *Sebze Islahı Solanaceae (Patlıcangiller)*. (pp. 195-315)
- Andrews, J. (1999). *The Pepper Trail, History and Recipes from Around the World*. USA, University of North Texas Press.
- Aybak, H.Ç. (2007). *Biber*. İstanbul, Hasad Yayıncılık.
- Balkaya, A. (2012). Türkiye sebze tohumculuk sektörünün güçlü ve zayıf yönleri ile gelecekte yapılması gerekenler. In *Türktob Dergisi*. (pp. 6-9)
- Başak, H. (2019). Kırşehir yerel sivri biber (*Capsicum annuum L. var. longum*) populasyonlarının agronomik ve morfolojik karakterizasyonu. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 202-216. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogu.vi.488204>
- Binbir, S. (2010). *Bazı Yerel Biber (Capsicum annuum L.) Populasyonlarında Karakterizasyon Çalışmaları*. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bosland P.W., & Votava, E.J. (2012). Taxonomy, pod types and genetic resources. In *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums*. (pp. 13-38)
- Bozokalfa, M.K., & Eşiyok, D. (2010). Biber (*Capsicum annuum L.*) aksesyonlarında genetik çeşitliliğin agronomik özellikler ile belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2), 123-134.
- Dilfiruz, T. (2021). *Biberde Türler Arası Melez Populasyonunun (Capsicum annuum L. X Capsicum frutescens) Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Duman, İ., Tüzel, Y., & Appelman, D. J. (2020). Türkiye’de sebze üretiminde tür ve çeşit tercihleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 169-178. <https://doi.10.20289/zfdergi.837441>
- Eren, A., Tepe, A., Çelik, İ., Kabaş, A., Özalp, R., Boyacı, F.H., Gözen, V., Ünlü, M., & Kurum, R. (2021). *Yazlık Sebze Islahı*. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ermiş, Ş., Yılmaz, K., & Özden, Y. (2012). Standart Tohumluk Kaydı Denemelerine Giren Biber (*Capsicum annuum L.*) Çeşitlerinde Ölçülebilir Morfolojik Karakterlerin Belirlenmesi. 9. *Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu*. Eylül 12-14, Konya, 537-542.
- FAO (2022). Crop Production. Food and Agricultural Organization.
- Fidan, H., & Barut, M. (2019). Biber hafif benek virüsüne (PMMoV) karşı L4 dayanıklılık durumunun taranması ve moleküler yöntemlerle karakterizasyonu. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 297-305. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.594474>
- Gökmen, Ü. (2018). *Yerel Biber Gen Kaynaklarının Fenolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Araştırılması ve Soğuk Stresi Açısından Fenotiplenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gülcan, H. (2020). *Yerli, Standart ve Hibrit Biberlerde (Capsicum annuum L.) Bazı Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaağaç, O., & Balkaya, A. (2009). Sebzeerde erkek kısırlığı mekanizmasından yararlanılarak F₁ hibrit tohum üretimi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 24(2), 114-123.

- Kasapoğlu, S., Ünlü, H., Demir, Ö., Doğan, B., & Özdamar Ünlü, H. (2019). Determination of Morphological Properties of Some Long Type Pepper Genotypes. *Proceedings of the 2nd International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences (ICOFAAS 2019)*. November 8-11, Antalya, 269-275.
- Mutlu, S., Hayatoğlu, M., & Kır, A. (2009). Ulusal gen bankası biber (*capsicum annuaml.*) materyalinde morfolojik karakterizasyon. *Anadolu, Journal of Aarı*, 19(1), 63-91.
- Onus, N. (2001). Capsicum cinsine genel bir bakış. *Derim Dergisi*, 19(2), 72-88.
- Öntürk, G., & Çürük, S. (2019). Hatay'ın farklı ilçelerinde yetiştirilen biber köy popülasyonlarında bitki ve meyve özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4), 689-701. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.639261>
- Özalp, R. (2021). Biber Islahı. In *Yazlık Sebze Islahı*. (pp. 103-152)
- Öztekin, G.B. (2019). Morfolojik Özellikler. In *Serada Biber Yetiştiriciliği*. (pp. 17-24)
- Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of Capsicum spp. *Euphytica*, 96, 129-133.
- Roy, S., Chatterjee, S., Hossain, M.A., Basfore, S., & Karak, C. (2019). Path analysis study and morphological characterization of sweet pepper (*Capsicum annuum L. var. Grossum*). *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 1777-1784.
- Salles, C. (2008). Tomato and Flavour. In *Tomatoes and Tomato Products*. (pp. 85-111)
- Sevgican, A. (2002). *Örtüaltı Sebzeçiliği*. İzmir, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Smith, J.S.C., & Smith, O.S. (1989). The description and assessment of distances between lines of maize: the utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines. *Maydica*, 34, 151-161.
- Somos, A. (1984). *The Paprika*. Budapest, Akademiai Kiado.
- Şahin, M., Yetisir, H., & Pinar, H. (2022). Morphological characterization of some Besni pepper (*Capsicum annuum L.*) genotypes in Kayseri conditions. *Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 6(1), 152-164. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.1.20>
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). *Özel Sebzeçilik*. Tekirdağ, Sevil Cilt Evi ve Matbaası.
- Tatar, M. (2022). *Gaziantep Yerel Biber Genotiplerinin Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu ve Double Haploid (Dh) Hatların Elde Edilme Olanakları*. (Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- TTSM (2020). Özellik Belgeleri. Sebze Tohum Tescil Sertifikasyon Müdürlüğü, Ankara.
- TÜİK (2022). Bitkisel Ürünler İstatistiği, Sebze. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK (2023). Bitkisel Ürünler İstatistiği, Örtüaltı Sebzeler. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri Sebze Yetiştirme*. İzmir, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Yanmaz, R. (2006). Sebze yetiştiriciliğinde hibrit çeşit kullanımı ve çeşit önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2), 11-18.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Lastik Agregalı Betonun Darbe Dayanımının Araştırılması

Celalettin BAŞYİĞİT¹, Ayşe ELYİĞİT¹, Mehmet Hanifi ALKAYIŞ^{1*}

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: mehmethanifalkayis@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 05/12/2023

Kabul tarihi: 21/12/2023

Anahtar Kelimeler: Atık lastik, Beton, Darbe dayanımı, Kauçuk, Lastik agrega

DOI: 10.55979/tjse.1400490

ÖZET

Bu çalışmada atık taşıt lastiklerden elde edilen granül agregaların beton harcının içerisine katılmasının betonun darbe dayanımlarına etkileri gerekli literatür taraması yapılarak yapı malzemelerinde kauçuk agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca atık taşıt lastiklerinin geri dönüşümü ile ülke ekonomisine tekrar kazandırılması, dünyada ve ülkemizde yaşanan ani çarpma, patlama gibi darbe etkisi yaratacak olaylar nedeniyle oluşan hasarların can kaybına yol açmaması için yapılarda darbe dayanımının artırılması ve inşaat sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada ince agregaların hacimce %10, %15 ve %20 oranlarında lastik agregalar ile ikame edilmesiyle üretilen serilerin s/ç oranı 0.40 olarak deneyler için hazırlanmıştır. Numunelerin darbe dayanımını belirlemek amacıyla kalıplanmış numunelere uygun olan ağırlık düşürme metodu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda numunelere uygulanan darbe deneyi sonuçları incelendiğinde lastik agrega oranı arttıkça darbe dayanımlarının arttığı belirlenmiştir.

Investigation of Impact Strength of Rubber Aggregate Concrete

ARTICLE INFO

Received: 05/12/2023

Accepted: 21/12/2023

Keywords: Waste tire, Concrete, Impact resistance, Rubber, Tire aggregate

DOI: 10.55979/tjse.1400490

ABSTRACT

In this study, the effects of adding granular aggregates obtained from waste vehicle tires into concrete mortar on the impact strength of concrete were investigated and their usability as rubber aggregate in building materials was investigated by conducting the necessary literature review. In addition, it is aimed to recycle waste vehicle tires and reintroduce them to the country's economy, to increase the impact resistance of buildings in order to prevent loss of life due to events that will cause impact such as sudden crashes and explosions in the world and in our country, and to contribute to the principles of sustainability in the construction industry. For this purpose, in the study, the series prepared by substituting fine aggregates at 10%, 15% and 20% by volume were prepared for experiments with a w/c ratio of 0.40. In order to determine the impact strength of the samples, the weight reduction method suitable for molded samples was used. And when the impact test results applied to the samples were examined, it was determined that as the rubber aggregate ratio increased, the impact resistance increased.

1. Giriş

Beton; agrega, çimento, su ve kimyasal katkılarla belli oranlarda homojen bir şekilde karıştırılarak elde edilen yapı malzemesidir (Ünsal & Şen, 2008). Beton tarihi önce farklı malzemelerin (kireç, alçı, kil vb.) bir araya getirilmesiyle başlamıştır. 12000 yıl önce inşa edilen Göbeklitepe tabanında beton harcına benzeyen karışımlara rastlanmasıyla beton tarihi yeniden yazılmıştır. Göbeklitepe kalıntılarında bulunan bu karışımlarda kireç ile alçının birlikte kullanıldığı tespit edilmiştir (Patlak, 2019). Çamurdan yapılan harçlar ise M. Ö. 9600 yıllarında Mardin Çemka Höyük'teki kalıntılarda bulunmuştur (İpek & Çiftçi, 2020). Mısır piramitleri ve Çin Seddi'nin yapımında kireç ve alçı esaslı harçlar kullanılmıştır (Tülay & Güleç, 2014). Romalılar, volkanik kül ile kireci karıştırıp bağlayıcı malzeme olarak kullanmışlardır (Yeğinobalı, 2001). Milâd'tan sonra 500'lü yıllarda beton harcı Ayasofya'nın yapımında kullanılmıştır (Taşdemir, 1982). 1000'li yıllara doğru ise

Orta Asya ve Anadolu'da Türkler ve Persler, "Horasan Harcı" adlı bir bağlayıcı geliştirdiler (Çetin, 2012). Modern beton ise 19. Yüzyılda portland çimentosunun bulunmasıyla ortaya çıkmıştır (Kocataşkın, 1965). Günümüz betonu farklı tiplerde üretilmeye devam etmektedir. Araştırmacılar tarafından betonun içerisine farklı malzemeler ilave edilerek kompozit yapısı zenginleştirilmiştir. Bu sayede betonun mekanik özelliklerini de iyileştirilmeye çalışılmıştır. Özellikle son yıllarda beton içerisinde plastik malzemelerin yer almasının etkileri yapılan çalışmalarla araştırılmaya başlanmıştır. Betondan istenen özellikler; düşük birim ağırlığa sahip, darbe dayanımına dirençli ve yüksek mukavemetli olarak sıralayabiliriz. Betonun sıralanan bu özellikleri taşıyabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Beton malzemesi olan agregaların belirlenen oranlarda atık lastiklerinden elde edilen agregalar ile ikame edilerek kullanılması bu çalışmalardan biridir.

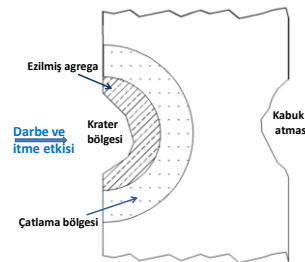
1.1. Atık lastik

Atık taşıt lastiklerinin yapısı beş bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; polyester kord bezinden üretilen karkas bölümü, çelik ve bezden oluşan kuşak bölümü, lastiğin iç yüzeyindeki ince kauçuk katman astar bölümü, lastiğe esneklik sağlayan yanak bölümü, kalın kauçuktan yapılmış yanak ile sırtın birleştiği bölge omuz bölümü olarak adlandırılır (Yakaboylu, 2010). Araç lastikleri, ağırlıkça %60-65'ine kadar kauçuk, %25-35'ine kadar karbon siyahı ve kalan kısmı ise hızlandırıcılar ve dolgu maddeleri olacak şekilde tasarlanmaktadır (İpek vd., 2022). Sanayileşme ve şehirleşmenin artmasıyla gelişmekte olan ülkelerde kullanılan taşıtların sayısında da artış olmuştur. Taşıt sayısının artışı ile taşıtların lastik talebi de artmıştır. Üretilen lastikler kullanım süresini doldurduktan sonra ya çevreye atılmakta ya da açık alanlarda yığın şekilde istiflenmektedir (Adhikari vd., 2000). Depolama sorunu olan atık lastikler bir yılda yaklaşık 1.5 milyar ton atık oluşturabileceği öngörülmektedir (Mashiri vd., 2015). Son yıllarda atık taşıt lastiklerinin yapı malzemelerinde kullanımı yapılan araştırmalarla incelenmeye başlanmıştır. Yapılan araştırmalarda köpük betonun içerisine atık lastik liflerinin katılması sonucunda betonun termal özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (Bayraktar & Kaplan, 2021). Atık lastiklerin farklı biçimlerde kullanılması oluşan çevre sorununu ortadan kaldırması ve ekonomiye tekrar kazandırılması sağlanmış olur. Atık lastiklerden elde edilen kırıntı ve parçalar dolgu malzemesi olarak geri dönüştürülebilir. Kırıntı halinde elde edilmek istenen atık lastikler iki şekilde yapılmaktadır. Çoğunlukla mekanik olarak uygulanan bu iki yöntem doğrama ve kriyojenik öğütmedir (Karger-Kocsis vd., 2013). Atık lastiklerden elde edilen granüller birçok alanda kullanılmaktadır. Atık lastikleri geri dönüştürme işlemleri piroliz yöntemi ve kriyojenik öğütme yöntemi ile de yapılabilmektedir. Katı atıkların kimyasal olaylarla geri dönüştürülmesinde kullanılan işlem piroliz yöntemidir. Piroliz yöntemi yüksek sıcaklıklarda eritilen atık lastiğin karbon siyahı elde edilmesiyle yapılır (Bostancı, 2017). Kriyojenik öğütme yöntemi ise küçük boyutlara getirilen atık lastikler -80°C 'ye kadar soğutulmuş malzemenin kırılma hale getirilerek çift başlı kırıcılarla istenen boyutlarda kırılarak öğütülmesi işlemidir (Balbay, 2017). Bu yöntemle az enerjiyle çok iş yapılmış olur ancak malzemeyi soğutma işleminde kullanılan malzemeler hem tehlikeli hem de maliyetli olduğu için çok tercih edilmemektedir (Sugözü & Mutlu, 2009). Mekanik öğütme yöntemi doğrama yapılarak malzeme küçültme işlemidir. Bu işlem hem ekonomik hem de malzemede herhangi bir değişime yol açmamaktadır. Mekanik öğütmede atık lastik rendelenerek küçük parçalara ayrılır daha sonra içerisindeki elyaflar dönen bıçaklar yardımıyla parçalardan temizlenir. Atık lastik içerisinde bulunan çelikler ise mıknatıs yardımıyla lastikten ayrılır (Karger-Kocsis vd., 2013). Son zamanlarda ince veya kaba agrega boyutuna getirilmiş lastik parçaları ile birlikte elyaf takviye ederek beton içerisinde kullanımı çalışmalarda incelenmeye başlanmıştır. Yapılan çalışmalarda lastik agreganın belli oranlarda ikame edilmesinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Ancak atık lastik katkılı betonların

kauçuk miktarı arttıkça betondaki basınç ve çekme dayanımları hacimce kaba agrega yerine kullanımında düşmüş, ince agrega yerine kullanımında ise artmıştır (Alwesabi vd., 2021). Kaba agrega olarak en büyük dane çapı 20mm olan lastik parçaları ve ince agrega olarak kırıntı formunda lastikler kullanılarak beton numuneler elde edilmiştir. Üretilen numunelerde kum ve çakıl, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında hacimce lastik agregalar ile yer değiştirilmiştir. Yapılan basınç, çekme ve eğilme dayanımı testlerinde atık lastikli betonların, normal betondan daha düşük mukavemet değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak numuneler elastik kırılma davranışı göstermelerine karşın tamamen göçmemiştir (Almaleeh vd., 2017). İnce agrega yerine farklı oranlarda lastik agrega ikame edilen beton numunelerde, betonun mekanik özellikleri incelenmiştir. İncelemelerde taze betonun çökme ve su emme değerlerinin kırıntı kauçuk yüzdelerinin artması ile yükseldiği fakat su emme değerlerinde hacimce %10'dan daha fazla oranlarda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Lastik agrega katılan betonlarda enerji sönümü 3 kat arttığı gözlemlenmiştir (Xue & Shinozuka., 2013). İnşaat mühendisliğinde atık lastiğin kullanımı ve sürdürülebilirliğinin araştırılması için ekonomik, depreme dayanıklı, temel-toprak sisteminde esneklik sağlayan kauçuk radye temeli oluşturma projesi yürütülmüştür. Çalışmada eko-kauçuk sismik izolasyon sistemi uygun maliyetli olacak bir jeo-yapısal çözüm olarak temel sistemi tasarımında atık lastiklerin yeniden kullanımı konut binalarının sismik performansını artıracak etkili bir geri dönüştürme yolu olarak yorumlanmıştır (Chiaro vd., 2021).

1.2. Darbe dayanımı

Betonarme yapılar veya yapı elemanları kullanım ömrü süresince basınç, çekme ve eğilme gibi çeşitli dış yüklerin etkisine maruz kalmaktadırlar. Mukavemeti yüksek ve faydalı ömrü daha verimli beton elde etmek için betonun söz konusu dış yüklere karşı dayanımının yüksek olması gerekmektedir. Darbe dayanımı, betonlara ani olarak etki eden tekrarlı dinamik yükler altında betonun gösterdiği direnç olarak tarif edilmektedir (Oltulu & Altun, 2018). Darbe etkisinin görülebileceği yerler; Havayolu pistleri, taşıt yolları, betonarme döşemeler, kazık ve istinat yapılar, askeri yapılar, savunma yapıları, kamu yapıları vb. (Alkayış & Başyigit, 2021). Betonda darbe hasarı Şekil 1'de görüldüğü üzere hızla gelen bir parçanın itme etkisiyle beton yüzeyini parçalaması ve çarptığı yerde krater oluşturmasıdır. Çarpmanın etkisi betonun arka tarafında kabuk atmasına neden olur (Zhang vd., 2007).



Şekil 1. Betonda darbe hasarı (Zhang vd., 2007)

Figure 1. Impact damage in concrete (Zhang et al., 2007)

Malzemenin ani darbelere karşı dayanımı tokluğu ile yakından ilişkilidir. Tokluk bir malzemeyi kırmak için gerekli enerji miktarıdır. Darbe deneyi süresince malzeme tarafından soğurulan enerji, malzemenin dayanımının ve tokluğunun bir ölçüsüdür (Şahin, 2011).

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, geri dönüştürülmüş atık taşıt lastiklerden elde edilen agregaların beton harcı içerisinde ince agrega ile ikame edilmesi betonun darbe dayanımı problemi için ele alınmıştır. Bu amaçla, betonlarda darbe dayanımı problemi deneysel verilerle analitik olarak çözülmüştür. Bu bağlamda beton içerisine konulacak atık lastik agregalar gerekli elek analizi yapılarak uygun görülen 40 Mpa basınç için agrega boyutu seçilmiştir. Agregaya boyutu seçildikten sonra belirlenmiş olan basınca göre beton reçetesi standartlara uygun şekilde analitik olarak hesaplanmıştır. Beton reçetesi aşamasından sonra lastik agregalı beton numunelerinin üretimi için su, çimento, ince agrega (0-4)mm, kaba agrega (8-16)mm, ince lastik agrega (0-4)mm, akışkanlaştırıcı ve silis dumanı kullanılarak TS 802'ye uygun olarak hazırlanmıştır. Beton numuneleri (150 x 150 x 150)mm kübik ve (100 x 100 x 400)mm boyutlarında prizmatik olarak üretilmiştir. Üretilen betonlarda ince agregalar yerine ince lastik agregalar hacimsel olarak, %10, %15 ve %20 oranlarında ikame edilmiştir. Üretilen beton numuneler gerekli kür koşulları sağlanarak 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımları ve darbe dayanımlarını belirlemek için deneye tabii tutulmuştur. Kullanılacak darbe deneyi ölçüm yöntemleri arasında en kolay ve ekonomik olan ağırlık düşürme deneyi uygulanmıştır. Ağırlık düşürme deneyinde yükseklik tayini belirlenip numune ilk çatlamada ve kırılmada vuruş sayıları belirlenmiştir. Deney sonucunda alınan veriler darbe dayanımı belirlemek için denklem bağlantılarında kullanılmıştır. Araştırma için kullanılan malzemelerden çimento, agrega ve atık lastikler Isparta yöresinden temin edilmiştir. Deney numune reçetesi TS 802'ye uygun olarak hazırlanıp Çizelge 1'deki gibi hazırlanmıştır. Deney numuneleri Seri 1'de atık lastik oranı %10, Seri 2'de %15 ve Seri 3'de %20 olarak karışıma katılmıştır.

Çizelge 1. Deney Numune Karışım Miktarları
Table 1. Experimental Sample Mixture Amounts

Seri mm ³	Malzeme	Referans	Seri 1	Seri 2	Seri 3
150x150x150	Çimento (Kg)	9.545	9.545	9.545	9.545
	Su (Lt)	3.817	3.817	3.817	3.817
	İnce Agregaya (Kg)	13.647	12.959	12.282	11.60
	Kaba Agregaya (Kg)	20.471	20.471	20.471	20.471
	Lastik Agregaya (Kg)	-	0.218	0.433	0.650
	Akışkanlaştırıcı (Lt)	0.095	0.095	0.095	0.095
	S/Ç	0.40	0.40	0.40	0.40
100x100x400	Çimento (Kg)	11.34	11.34	11.34	11.34
	Su (Lt)	4.536	4.536	4.536	4.536
	İnce Agregaya (Kg)	16.214	15.403	14.593	13.782
	Kaba Agregaya (Kg)	24.322	24.322	24.322	24.322
	Lastik Agregaya (Kg)	-	0.257	0.515	0.772
	Akışkanlaştırıcı (Lt)	0.113	0.113	0.113	0.113
	S/Ç	0.40	0.40	0.40	0.40

2.1. Agregaya

Araştırma için üretilen betonlarda Isparta Bozanönü yöresinden temin edilen agrega kullanılmıştır. Agregaların bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırmada agregalar TS 706'ya uygun olarak seçilmiştir. Dmax 16 olarak alınmıştır.

Çizelge 2. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri
Table 2. Physical properties of the aggregates used

Agregaya	Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)	Su Emme (%)	Sülfat (%)	Kükürt (%)	Klorür (%)
İnce Agregaya	qa= 2.696	1.06	0.0042	0.0031	0.0057
	qrd= 2.621				
	qsd= 2.649				
Kaba Agregaya	qa= 2.692	0.37	-	-	-
	qrd= 2.682				
	qsd= 2.686				

2.2. Çimento

Deney için hazırlanan numunelerde piyasadan temin edilen CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kullanılan çimentonun özellikleri
Table 3. Properties of the cement used

Çimento Türü	Cl (%)	SO ₂ (%)	Priz başl. (dk)	Priz bitiş. (dk)	Basınç dayanımı (MPa)		
					2 (gün)	7 (gün)	28 (gün)
CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R	0.012	2.77	169	230	23.9	-	48.1

2.3. Süper akışkanlaştırıcı

Çalışmada TS EN 934-2'e uygun süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

2.4. Numune serileri

Numune karışımlarına giren atık lastikten elde edilen lastik agrega belirlenen yüzdelere göre dört seri ve her bir seriden (150x150x150) mm'lik küp numunelerden 3'er adet (100x100x400) mm'lik prizma numunelerden de 3'er adet hazırlanmıştır. Seriler Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Hazırlanan numune serileri
Table 4. Prepared sample series

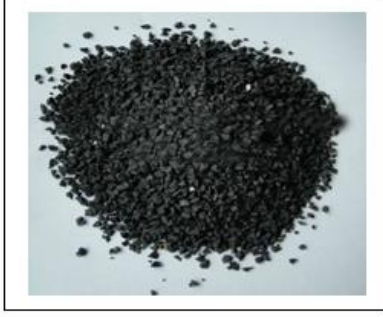
Seri Adı	Seri No	İkame Edilen Agregaya Cinsi	Lastik Agregaya Yüzdesi
Referans	R	-	0
Seri 1	L10	İnce Agregaya	10
Seri 2	L15	İnce Agregaya	15
Seri 3	L20	İnce Agregaya	20

2.5. Su

Araştırma için hazırlanan numunelerde karıştırma suyu için Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Yerleşkesi şebekesinin suyu kullanılmıştır.

2.6. Çalışmada kullanılan atık lastik

Çalışmada kullanılan lastik agregalar piyasadan temin edilmiştir. Şekil 2’de kullanılan granül lastik gösterilmektedir. Atık lastiğin kimyasal özellikleri Çizelge 5’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan granül lastik
Figure 2. Granulated rubber used in the study

Çizelge 5. Atık lastiğin fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 5. Physical and chemical properties of waste tire

C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	Isıl Değer (MJ/kg)	Su emme (%)
74.2	5.8	0.3	1.5	4.7	32	2-4

2.7. Deney numunelerinin hazırlanışı

Araştırma için beton bileşenlerini hazırlanan beton reçetesine göre Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı’nda agregalar ayrı ayrı Şekil 3’de görüldüğü gibi tartılarak beton mikserine konulup karıştırılmış ve harç haline getirilmiştir. Şekil 4’de görülen kalıplanmış numuneler önceden yağlanan kalıplara üç aşamada 25 kez şişlenerek yerleştirilmiştir. Kalıplardan çıkarılan numuneler laboratuvarında küre alınmıştır.



Şekil 3. İnce, kaba ve lastik agrega
Figure 3. Fine, coarse and rubber aggregate



Şekil 4. Numuneler
Figure 4. Samples

Araştırmada kullanılan agregalar ve lastik agregalar serbest eleme yöntemi ile elek analizleri yapılmıştır. Betonun kıvam sınıfını belirlemek amacıyla beton harcına TS EN 12350-2’ye uygun şekilde slump deneyi yapılmıştır. (150x150x150)mm küp numunelere taze birim ağırlık deneyi yapılmıştır. Araştırma için hazırlanan (150x150x150)mm küp numune serileri 7 ve 28 günlük kürden çıkarılarak basınç deneyine tabi tutulmuştur. Çalışmada (100x100x400)mm prizma şeklindeki numune serileri 28 günlük kürden çıkarılarak darbe deneyine tabi tutulmuştur. Darbe dayanımı deneyi düşen ağırlık darbe metodu ile geliştirilen Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Laboratuvarı’nda bulunan Şekil 5’de görülen darbe deney aletinde gerçekleştirilmiştir.

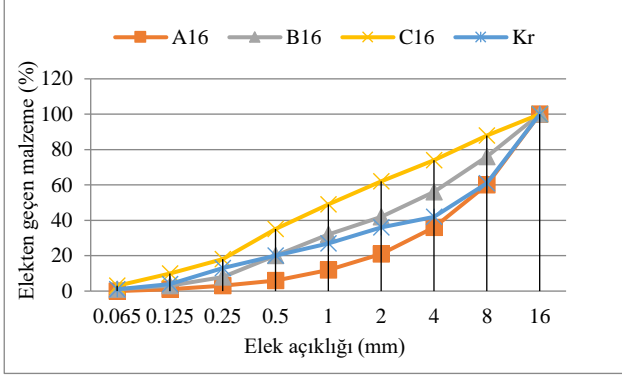


Şekil 5. Darbe deneyi aleti
Figure 5. Impact test device

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Agrega tane boyutu

Çalışmada elek analizi yapıp granülometri eğrisi çıkarılan agregaların maksimum dane çapı 16 mm olarak belirlenmiştir. TS 706’ya göre karışıma giren agregaların uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapılan elek analizi deneyinde kullanılan agregaların Şekil 6’de görüldüğü üzere TS 802’de öngörülen granülometri eğrileri içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Deneylerde kullanılan lastik agregalar 0-4 mm ince lastik agrega sınıfı olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Agrega granülometri eğrisi
Figure 6. Aggregate granulometry curve

3.2. Çökme değerleri

Slump deneyi sonucunda beton harçları tamamen, hakiki ve kayma göçmesi olarak üç şekilde çökme gösterirler. Tamamen çökmede harç sıvıya yakın şekilde deney düzeneğinin tabanına yayılır. Kayma çökmesinde beton harcının bir tarafı az çökme yaparken diğer tarafı fazla çökme yapar. Hakiki çökmede beton harcının kütesinde bozulma olmadan üst kısmı aynı oranda çöker (Deşik & Ustabaş, 2019). Hazırlanan beton serilerine uygulanan slump deneyi Çizelge 6'ya göre tüm numunelerde kıvam sınıfı S3 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen slump deneyinde Şekil 7'da görüldüğü üzere harçların çökme şekilleri hakiki çökme tarzında olduğu tüm serilerde gözlenmiştir.

Çizelge 7. Beton kıvam sınıfı ve değerleri (TS EN 206-1)
Table 7. Concrete consistency class and values

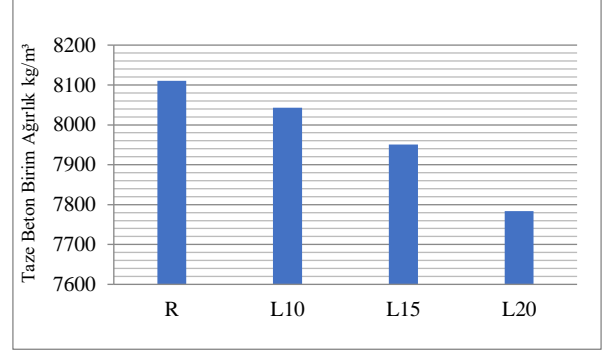
Kıvam Sınıfı	Çökme (mm)
S1	10-90
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≤220



Şekil 7. Numunelerin slump deneyi
Figure 7. Slump test of samples

3.3. Taze beton birim ağırlığı

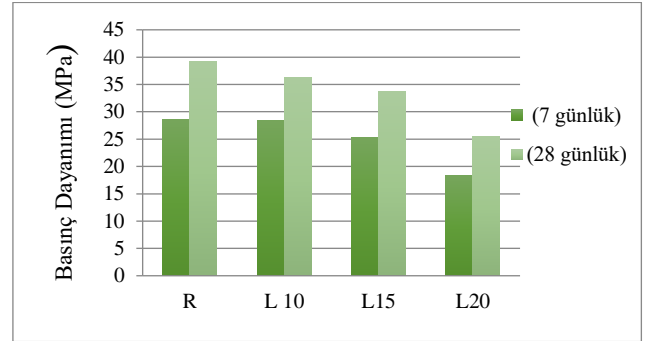
Deney küp numune serilerine TS EN 12350-6'ya uygun şekilde birim ağırlık deneyi yapılmıştır. Taze beton birim ağırlık değerleri Şekil 8'de gösterilmiştir.



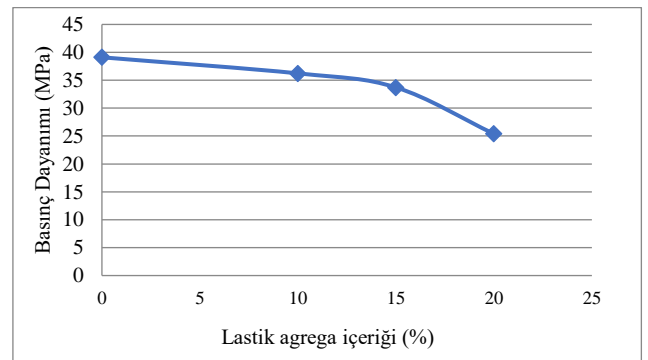
Şekil 8. Küp numunelerin Taze beton birim ağırlık değerleri
Figure 8. Fresh concrete unit weight values of cube samples

3.4. Basınç dayanımı

Çalışmada basınç dayanımının belirlenmesinde TS EN 12390-3'e uygun beton numune basınçlarını ölçer cihaz kullanılmıştır. Numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiş olup grafiği Şekil 9'de gösterilmiştir. Serilerin 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin lastik agrega içeriğine göre değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Deney numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları
Figure 9. 7 and 28-day compressive strengths of the test samples



Şekil 10. Deney numunelerinin 28 günlük basınç değerlerinin lastik agrega içeriğine göre değişimi
Figure 10. Change of 28-day pressure values of test samples according to tire aggregate content

Şekil 11'de (150x150x150)mm küp numune serilerinin basınç deneyinden sonra oluşan hasarları gösterilmiştir. Deney sonrası oluşan çatlaklar incelendiğinde referans

betonlarda deformasyon daha belirgindir ve numune etrafında dağılmalar görülmüştür. Lastik agrega katkılı serilerde ise çatlaklar ve dağılmaların daha az olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak lastik agrega katkılı betonlarda lastik agreganın beton bileşenleriyle aderansının daha iyi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Lastik agregalı serilerde çatlaklar ve dağılmalar referans betona göre az olmasına rağmen numunelerde lastik oranı artıkça basınç değerlerinde azalma olmuştur. Beton basıncını etki eden bu azalmanın sebebi ince agrega yerine lastik agreganın ikame edilmesiyle beton hacminin artması ve bağlayıcı olan çimentonun artan yüzey alanına yeterli olamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 11. Küp numunelerin basınç deneyi sonrası kırılma tipleri

Figure 11. Fracture types of cube samples after the pressure test

3.5. Darbe deneyi

Araştırmada darbe deneyi olarak düşen ağırlık darbe metodu kullanılmıştır. Darbe deneyi düzeneği 5000 gr ağırlığı iki boru arasında kaydırılması suretiyle kurulmuştur. Düşün ağırlık 200 mm yükseklikten numune üzerine serbest düşürülme yöntemiyle uygulanmıştır.

Oluşan ilk çatlaktaki düşüş sayıları belirlenerek darbe dayanımları hesaplanmıştır. Ağırlık düşürme darbe deneyi her seriden 3'er adet olmak üzere toplam 12 adet numunede gerçekleştirilmiştir. Bulunan darbe dayanımı değerleri Çizelge 7'de gösterilmiştir. Şekil 12'de deney numune serilerine uygulanan darbe deneyi ve Şekil 13'de prizma numunelerin darbe sonucu kırılma tipleri gösterilmektedir.



Şekil 12. Prizma seri numunelerin darbe deneyi
Figure 12. Impact test of prism series samples



Şekil 13. Prizma numunelerinin darbe deneyi sonucu kırılma tipleri

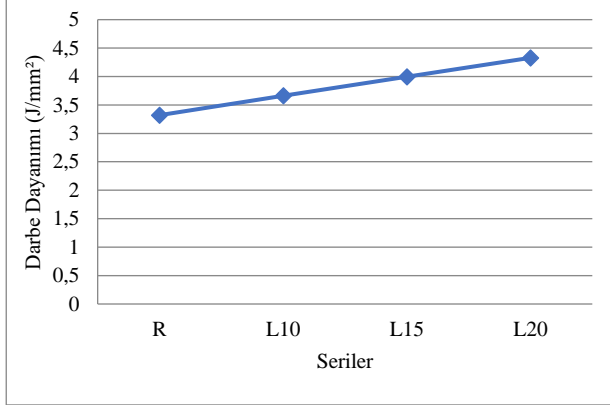
Figure 13. Fracture types of prism samples as a result of impact test

Çizelge 7. Deney numune serilerinin darbe dayanım değerleri

Table 7. Impact strength values of test sample series

Seri No	Darbe Dayanımı (J/mm ²)	Darbe Dayanımı ortalamaları (J/mm ²)
R1	2.990	3.320
R2	2.990	
R3	3.996	
L10-1	3.996	3.661
L10-2	3.996	
L10-3	2.990	
L15-1	3.996	3.996
L15-2	3.996	
L15-3	3.996	
L20-1	4.995	4.329
L20-2	3.996	
L20-3	3.996	

Prizma numunelerinin darbe dayanımları ortalamalarının lastik agregaya içeriğine göre değişimleri Şekil 14'de gösterilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen deneylerin sonuçları Çizelge 8'de toplu olarak verilmiştir. Çizelgede (%) olarak basınç ve darbe dayanımlarında düşüş (-) artış (+) ile gösterilmiştir. Şekil 15'te ise serilerin basınç ve darbe dayanımlarının değişimi (%) olarak gösterilmiştir



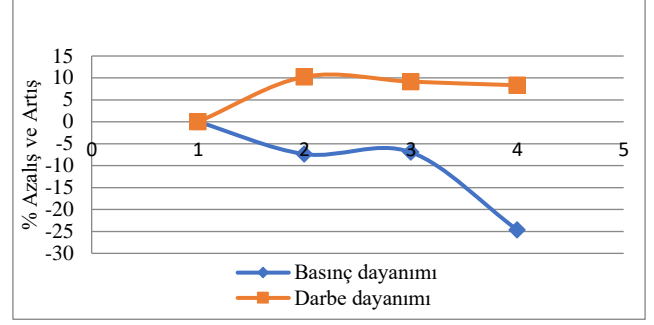
Şekil 14. Prizma numunelerin darbe dayanımı ortalamalarının lastik agregaya içeriğine göre değişim grafiği

Figure 14. Change graph of average impact resistance of prism samples according to rubber aggregate content

Çizelge 8. Çalışmada yapılan deneylerin değerleri

Table 8. Values of the experiments performed in the study

Seri	Basınç Dayanımı		Darbe Dayanımı	
	σ_{ort} MPa	%	D_{ort} J/mm ²	%
R	39.11	-7.36	3.320	+10.27
L10	36.23		3.661	
L15	33.71	-6.95	3.996	+9.15
L20	25.40	-24.65	4.329	+8.33



Şekil 15. Serilerin basınç ve darbe dayanımlarının değerlerinin grafiği

Figure 15. Graph of pressure and impact strength values of the series

4. Sonuç

Atık lastiklerden elde edilen lastik agregaların betonun darbe dayanımına etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan deneylerin analizinden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Çalışmada yapılan slump deneylerinde çökme şekilleri beton harcının kütesinde bozulma olmadan üst kısmının aynı oranda çökme (hakiki çökme) olduğu tüm serilerde gözlenmiştir. Taze betonların eşit miktarda çökme yapması lastik agregalı betonların işlenebilirliğini ve yeterli koheziona sahip olduğunu göstermiştir.
2. Küp numunelerin taze beton birim ağırlık verileri lastik agregaya oranı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Bu durum lastik agregaların özgül ağırlıklarının kullanılan agregalara göre küçük değerlerde olmasından kaynaklanmaktadır ve bu durumda olası bir sonuçtur.
3. Yapılan beton basınç dayanımı deneyinde serilerin lastik agregaya miktarı arttıkça basınç değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu azalma Referans beton ile Seri 1 arasında %7.36, Seri 1 ve Seri 2 arasında %6.95, Seri 2 ve Seri 3 arasında ise %24.65 kadar olmuştur. Yüzde olarak beton basınç değerlerinde azalma olduğunun görülmesi basınç dayanım değerlerinin tüm lastik agregaya oranlarında standartların altında kaldığı görülmüştür. Lastik agregaya oranı arttıkça yüzde olarak basınç değerleri belirgin şekilde azalmıştır. Beton basıncına etki eden bu azalmanın sebebi ince agregaya yerine lastik agreganın ikame edilmesiyle beton hacminin artması ve bağlayıcı olan çimentonun artan yüzey alanına yeterli olamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İlerde yapılacak çalışmalarda lastik agregaya oranı arttıkça çimento dozajının artırılıp basınca etkisi incelenebilir.
4. Prizma numunelerinde lastik agregaya oranı arttıkça darbe dayanımı arttığı belirlenmiştir. Bu artış referans beton ile seri 1 arasında %10.27, seri 1 ve seri 2 arasında %9.15, seri 2 ve seri 3 arasında ise %8.33 kadar olmuştur. Numunelerde artış olmasına rağmen lastik agregaya oranı arttıkça artışa bağlı azalma görülmüştür. İdeal lastik agregaya oranı darbe deneyi sonuçlarına göre %10 olarak belirlenmiştir. Çalışmada

ağırlık düşürme deneyinde ağırlık 20cm yükseklikten düşürülmüştür ve tüm numunelere bu yükseklik uygulanmıştır. Darbe deneyi verilerinin arttığı ancak artan değerler içerisinde % olarak artışın azaldığı görülmüştür. Bu azalmanın ağırlık düşürme deneyinde farklı yüksekliklerde vereceği sonuçlar incelendiğinde daha iyi yorumlanacağı düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Yazarlar, TUBİTAK 2211 ve YÖK 100/2000 projesi kapsamında desteklendiği için ilgili kurumlara teşekkürü borç bilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Adhikari, B., Debapriya, D., & Maiti, S. (2000). Reclamation and Recycling of Waste Rubber. *Princess in Polymer Science*, 25(7), 909-948
- Alkayış, M. H., & Başyigit, C. (2021). Lif katkısının beton darbe dayanımına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı(24)*, 455-462.
- Almaleeh, A. M., Shitote, S. M., & Nyomboi, T. (2017). Use of waste rubber tyres as aggregate in concrete. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 8(2), 11-19.
- Alwasebi, E. A. H., Bakar, B. H., Alshaikh, M. H., Ziyad, A. M., & Altheeb, A. (2021). Experimental investigation on characteristics of plain and rubberized concrete containing hybrid steel-polypropylene. *Fiber Structures*, 33, 621-630.
- Balbay, Ş. (2017). *Atık Lastiklerin Kimyasal Yöntemle Bozundurulması Ve Elde Edilen Ürünlerin Değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bayraktar, O. Y., & Kaplan, G. (2021). Farklı çimentolardan üretilen köpük betonlarda atık lastiklerin hafif agrega olarak kullanımı. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(3), 692-703.
- Bostancı, V. M. (2017). *Lastik-Kauçuk Atıklarından Piroлиз Yöntemi İle Elde Edilen Karbon Ürünlerinin Mgo-Karbon Refrakter Tuğlalarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Chiaro, G., Tasalotti, A., Palermo, A., Granello, G., & Banasiak, L. (2021). Reuse of waste tires to develop eco-rubber seismic-isolation foundation systems: Preliminary results. In *Advances in Sustainable Construction and Resource Management*. (pp. 159-169)
- Çetin, Y. (2012). Ağrı Eyüp Paşa (Pazı) Kalesi üzerine bazı notlar. *Journal of International Social Research*, 5(21).
- Deşik, F., & Ustabaş, İ. (2019). Kireçtaşı kökenli kırma kumdaki ince madde oranının beton kıvamına ve dayanımına etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 262-271.
- İpek, B., & Çiftçi, Y. (2020). Boncuklu tarla doğu alanı çanak çömlüksüz neolitik dönem mimarisi ve köy-mekan organizasyonu. *Mukaddime*, 11(1), 212-234.
- İpek, S., Mermerdaş, K., Ulusoy, A., & Işiker, Y. (2022). Atık lastiklerin, beton üretiminde agrega olarak kullanımının betonun taze ve mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması. *GUFB/GUJS*, 12(3), 982-999.
- Karger-Kocsis, J., Meszaros, L., & Barany, T. (2013). Ground tyre rubber (GTR) in thermo plastics, thermo sets, and rubbers. *Journal of Materials Science*, 48(1), 1-38.
- Kocataşkın, F. (1965). *Çimento özellikleri hakkında ne biliyoruz?*, İstanbul Teknik Üniversitesi yayımları.

- Mashiri, M., Vinod, J., NeazSheikh, M., & Tsang, H. H. (2015). Susar strength and dilatancy behaviour of sand-tyre chip mixtures. *Soils and Foundations*, 55(3), 517-528.
- Oltulu, M., & Altun, M. G. (2018). Betonun darbe dayanımının tespitinde ağırlık düşürme deney yöntemi ve yapılan çalışmalar. *GÜLBED/GUSTIJ*, 8(1), 155-16.
- Patlak, G. (2019). *Batı Anadolu'da Neolitik Çağ'da Kırmızı Boyalı Tabanlar*. (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Arkeoloji Enstitüsü)
- Sugözü, İ., & Mutlu, İ. (2009). Atık taşı lastikleri ve değerlendirme yöntemleri. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), 35-46.
- Şahin, E. (2011). *AlMg³/SiCp Kompozit Malzemelerinin Darbe Davranışının Takviye Oranı ile Değişiminin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Taşdemir, M. A. (1982). Taşıyıcı hafif agregalı betonların elastik ve elastik olmayan davranışları. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi.
- TS 802 (2009). Beton karışım tasarımı hesap esasları, TSE, Ankara.
- TS EN 206-1 (2014). Beton, Özellik, Performans, İmalat, Uygunluk, TSE, Ankara.
- TS EN 934-2+A1 (2014). Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme, TSE, Ankara.
- TS 706 EN 12620+A1 (2009). Beton agregaları, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12390-3 (2010). Beton, Sertleşmiş beton deneyleri. Bölüm 3: Deneysel numunelerinin basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 12350-2 (2019). Beton- Taze beton deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) deneyi, TSE, Ankara.
- Tülay, U., & Güleç, A. (2014). Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 77-91.
- Ünsal, A., & Şen, H. (2008). Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü. Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Laboratuvarı Şubesi Müdürlüğü.
- Yakaboylu, O. (2010). *Atık Lastik Yönetimi ve Atık Lastik Piroлиз Model Tesisi İçin Yapılabilirlik Çalışması*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yeğinoba, A. (2001). 21. Yüzyılın çimentoları. *Çimento ve Beton Dünyası*, 30, 36-39.
- Zhang, M. H., Sharif, M. S. H., & Lu, G. (2007). Impact resistans of high-strength fibre reinforced concrete. *Magazine of Concrete Research*, 59(3), 199-210.
- Xue, J., & Shinozuka, M. (2013). Rubberized concrete: A green structural material with enhanced energy-dissipation capability. *Construction and Building Materials*, 42, 196-204.



Toprak Kayıp Modellerinin Somali İçin Değerlendirilmesi

Abdinasir Abdullahi MOHAMED^{1*} , Levent BAŞAYIĞIT²

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition – Isparta – Türkiye

*Corresponding Author: abдинаsir30@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 01/08/2023

Kabul tarihi: 28/12/2023

Anahtar Kelimeler: CORINE, Erozyon, RUSLE, SLEMSA, Somali

DOI: 10.55979/tjse.1336047

ÖZET

Toprak erozyonu, dünyanın birçok yerinde hem tarımsal üretkenliği hem de doğal ekosistemleri etkileyen önemli bir çevre sorunudur. Erozyon kaynaklı toprak kayıpları, halihazırda birçok sosyoekonomik sorunla boğuşan bir ülke olan Somali'de gıda güvenirliliği ve arazi bozulması endişelerini şiddetlendirmektedir. Bu araştırmanın amacı, sürdürülebilir arazi yönetimi ve kaynak planlaması için değerli bilgiler sağlayarak, Somali'deki erozyon riskini değerlendirmek için potansiyel tekniklerin bir incelemesini içerir. Çalışma, uzaktan algılama verileri, coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri ve hidrolojik modelleme kullanarak erozyon risk faktörlerini ve ülke genelindeki mekânsal dağılımının incelenebileceğini vurgular. Bu amaçla topografik veriler, toprak özellikleri, arazi kullanımı ve arazi örtüsü verileri, yağış modelleri ve bitki örtüsü indeksleri Somali'de erozyona eğilimli alanları ve hassas noktaları belirlemek için kullanılabilir. Ayrıca, tahmine dayalı modelleri kalibre etmek ve doğrulamak için tarihsel erozyon verileri analiz edilebilir. Somali arazilerinde süre gelen ormansızlaşma, kötü tarım uygulamaları ve aşırı otlama gibi insan faaliyetlerinin erozyon riskini artırmadaki rolüne bağlı olarak hassas alanların yıllar içerisinde izlenmesi önerilmektedir. Somali genelinde çevresel sürdürülebilirliği koruyabilen verimli erozyon yönetimi tekniklerini uygulamaya koymak için karar vericiler nezdinde kullanılabilecek metodolojilere odaklanılmalıdır.

Soil Loss Models for Somalia

ARTICLE INFO

Received: 01/08/2023

Accepted: 28/12/2023

Keywords: CORINE, Erosion, RUSLE, SLEMSA, Somalia

DOI: 10.55979/tjse.1336047

ABSTRACT

Soil erosion stands as a significant environmental concern impacting both agricultural productivity and natural ecosystems across various regions worldwide. The soil losses attributed to erosion exacerbate concerns about food security and land degradation in Somalia, a country already grappling with numerous socio-economic challenges. This study aims to evaluate the erosion risk in Somalia by examining potential techniques that offer valuable insights for sustainable land management and resource planning. Emphasizing the utilization of remote sensing data, geographic information system (GIS) techniques, and hydrological modeling, the research highlights the exploration of erosion risk factors and their spatial distribution nationwide. Topographic data, soil properties, land use and land cover data, precipitation models, and vegetation indices could be employed to identify erosion-prone areas and sensitive points in Somalia. Furthermore, analyzing historical erosion data can aid in calibrating and validating predictive models. Continuous monitoring of sensitive areas over the years is recommended, considering the role of human activities such as ongoing deforestation, poor agricultural practices, and excessive grazing, which contribute to escalating erosion risks on Somali lands. Decision-makers should focus on methodologies that can be utilized to implement efficient erosion management techniques ensuring environmental sustainability across Somalia.

1. Introduction

Soil loss contributes to land degradation, which contributes to environmental change (Oldeman et al., 1991; Lal et al., 1998). Through changes in the soil profile, soil loss influences the ability of land to dampen atmospheric heat, agricultural productivity, surface water quality, and landscape beauty (Feddema, 1998; FAO, 2003; Gisladottir and Stocking, 2005). Land managers use site-specific methods of control to stop soil erosion by identifying eroding sites or regions with early signs of erosion. Soil erosion is one of the most important environmental and

public health problems that human society is currently facing globally.

Soil erosion destroys approximately 10 million ha of cropland each year, reducing the amount of cropland available for food production. Crop loss is a significant issue because there are more than 3.7 billion malnourished people in the world, according to the World Health Organization. According to Pimentel D. (2006), the rate of soil renewal is 10 to 40 times slower than the overall soil loss from land areas, endangering future environmental quality and human food security. East Africa is particularly vulnerable to soil erosion due to its steep topography,

fragile soils, and heavy rainfall (Wynants, 2019). Land managers in Somalia are concerned about soil loss because of its impact on biomass production, surface water quality, and landscape beauty. The likelihood of soil loss is increased by clearing vegetation, using inadequate land management techniques, and the negative effects of urbanization. Currently, soil loss research appears to be focusing on improving estimation accuracy (Lim et al., 2005). As a result, there is an expanding gap between the importance of controlling soil loss and research priorities. In order to control accelerated soil erosion, it is necessary to apply and integrate existing research methods for estimating the amount and rate of soil loss. The aim of the study is to evaluate the erosion risk in Somalia and to provide information on techniques that can be used to estimate soil losses.

2. Methods and Materials

This research employs a desktop review methodology, predominantly drawing upon secondary sources and pre-existing literature pertaining to assessment of erosion risk and prediction of soil losses in Somalia. The existing body of academic research on land use and land conservation measures has played a crucial role in informing this study, offering valuable conceptual frameworks and empirical evidence that serve as a foundation for further investigation. This research was informed by an extensive review and analysis of a diverse selection of pertinent journal articles, conference papers, and other scholarly publications. In essence, this study primarily relies on the examination and integration of pre-existing secondary sources, including previous academic research, statistical databases, and empirical soil loss models focused publications pertaining to the prioritization of conservation efforts in particular regions have both been made possible by the integration of GIS and soil loss models.

2.1. Overview of Erosion

Soil erosion is one of the most serious problems confronting agriculture on a global scale. In particular, in agricultural and rangelands, it poses a serious threat to soil resources, productivity, and ultimately food and fiber production. Although the current problem has existed since the beginning of settled agriculture, its importance and effects on human welfare and the environment as a whole have significantly increased over time. Despite the temporary increase in yield that they frequently cause, continued high rates of soil erosion and the use of fertilizers and other inputs will ultimately lead to a decline in crop productivity. These problems are referred to as erosion's side effects. Environmental pollution is also a result of soil erosion. Floods, reservoir sedimentation, and poor water quality are all effects of erosion downstream. A reduction in soil quality is always accompanied by a reduction in water and, in some cases, air quality. These are the off-site effects of erosion (Lakew & Belayneh, 2012).

2.2. Global Awareness of Soil Erosion

Water erosion is influenced not only by human activities but also by physiographic factors such as rainfall intensity, terrain characteristics, soil texture, and runoff. Understanding soil erosion from water is the subject of extensive international research due to its significance. Numerous methods have been used to evaluate soil erosion, from small farmland scales to regional scales. In recent years, the use of numerical modeling for assessing soil erosion has grown significantly, gaining significant attention and interest from researchers all over the world. The use of numerical models to assess soil erosion has several advantages. For starters, it helps researchers understand and connect the processes of sediment production, transport, and deposition, enhancing their understanding of erosion dynamics (Ding & Richards, 2009).

2.3. Soil Erosion Modelling

In the past decade, the estimation of soil loss and sediment yield has successfully used a variety of erosion and sediment transport models. Erosion modeling is crucial because soil erosion field surveys take a very long time. If measurement is done in the field, it is difficult to analyze the response to land use change and even the management of erosion over long periods of time, and it takes a lot of time to build an adequate database (Morgan, 2005). Erosion prediction models address these limitations by making accurate predictions across a wide range of environmental conditions. The estimations' validity can be checked by comparing them to the measurements (Morgan, 2005). Morgan (1994), identifies two primary reasons for using erosion models: first, to understand the underlying processes and their interconnections; and second, to estimate soil loss for conservation development. Since the 1930s, scientists have struggled to predict and assess soil erosion, and numerous models have been developed (Lal, 2001). Physical process-based, semi-empirical, and empirical models are the three main types of soil loss prediction models. Empirical models frequently have a statistical basis and rely heavily on observed data. Semi-empirical models bridge the gap between physically process-based models by using spatially lumped equations for the continuity of water and sediment. Physical process-based models, on the other hand, strive to adequately capture the underlying principles that control erosion. These models show the incorporation of numerous erosion-influencing elements, such as the intricate interconnections between various causes and their temporal and geographical changes (Jha & Paudel, 2010).

2.3.1. RUSLE modelling

Erosion models are used to forecast soil erosion. Soil erosion modeling allows for the representation of complex interdependencies that impact erosion rates within a watershed. RUSLE is the result of several factors, including soil, climate, vegetation, topography, and human activity, and it is used to calculate the rate of soil loss from hillslopes (Shi et al. 2004; Teng et al. 2018). RUSLE is a useful tool for assessing the potential for soil erosion at

different spatial scales. These studies demonstrate RUSLE's versatility and applicability in quantifying soil erosion risks across large geographic areas, allowing for informed decision-making and effective soil conservation strategies. RUSLE is straightforward to apply (Gao, 2008). Consequently, it may be employed in places with insufficient data, particularly in developing nations, and it can also be quickly altered when paired with GIS to enable its use at a variety of spatial scales and certain regional locations under different environmental situations (Zhou et al., 2008). RUSLE's utility as a tool for assessing soil erosion risk extends to capturing erosion spatial variability at both watershed and basin scales. Previous versions of the tool were used by Cohen et al. (2005) to assess erosion risk in a Kenyan basin and by Irvem et al. (2007) in Turkey's Seyhan River Basin. These studies demonstrate how the tool and its predecessors can be used to visualize erosion patterns and identify regions that are more vulnerable to erosion, allowing for more focused conservation efforts and wise land management choices. The USLE erosion model was applied by Yılmaz (2006) in the 722 km² amldere Dam Basin, which supplies water to Ankara. The average annual soil loss in the basin was found to be 7.3 tons per hectare, with vegetation and topography being the main contributors to soil erosion there. All parameters were integrated and included in the model by the researcher. He determined that the annual soil loss on 47% of the land was less than 3 t ha⁻¹ year⁻¹ based on the model findings, and he indicated that the fact that the area was covered with vegetation had a significant impact on this conclusion. RUSLE includes general database sets from which the user can choose. Climate, crop (plant data representing above- and below-ground characteristics), and operations (farming and soil disturbance factors) databases are included. Due to the breadth of the information in these database sets, the user may require additional sets or modify an existing set to better describe a specific site where a soil loss estimate is required (Renard & Ferreira, 1993). To determine soil loss for a specific region, six primary parameters are used. Each parameter is a mathematical estimate of a condition that influences the intensity of soil erosion at a specific location. The predicted erosion values provided by this model may vary significantly due to varying weather conditions (Renard et al., 1997). RUSLE is used to calculate erosion values in order to provide a more accurate estimation of long-term averages. RUSLE has emerged as a valuable tool for planning erosion control activities and evaluating soil losses in agricultural watersheds. This model is based on the simple equation $A=R*K*LS*C*P$, where A represents the average annual potential soil loss in tons per hectare per year. The equation incorporates several important erosion assessment factors. R denotes the rainfall runoff erosivity factor, K the soil erodibility factor, LS the slope length and degree factor, C the land cover management factor, and P the conservation practice factor. The model's integration of GIS-based techniques, which allow for the estimation of factor values at the grid cell level, makes it particularly efficient. It enables accurate calculations and assessments throughout the study area by utilizing spatial analysis and data processing capabilities. This model is frequently used by researchers and land managers to direct planning for

erosion control and assess potential soil losses. This highlights its usefulness in assisting decision-making procedures aimed at reducing soil erosion and maintaining agricultural landscapes (Renard et al., 1997).

2.3.2. CORINE model

The CORINE Model is an experimental model that has the capability to provide spatially accurate predictions of soil erosion. It is a semi-qualitative cartographic approach that includes developing and combining multiple thematic map layers within a GIS framework. This model demonstrates the geographical variations in soil erosion risk. The CORINE model's GIS implementation is relatively simple and benefits from its straightforward structure. The model has been successful in identifying areas at high risk of erosion, particularly in Mediterranean regions (Gobin et al., 2003). Zhu (2012) conducted a comprehensive study to address soil erosion and protect soil and water resources in the Danjiangkou area of China. This study used GIS and RS techniques to integrate the SER, DRR, and CORINE models. The primary goal was to identify areas at high risk of erosion (based on the SER) and develop appropriate erosion control strategies. According to the findings, approximately 59.1% of the study area had a low erosion risk, 31.2% had a medium risk, and 2.3% had a high risk. This study demonstrates the efficacy of using integrated models and spatial analysis tools to identify erosion-prone areas and inform targeted erosion mitigation efforts. Dindarolu and Canpolat (2013) conducted a study at Kuzgun Dam Lake to identify areas where soil losses occur and to make management recommendations to address the issue. The CORINE model evaluated soil characteristics based on land use conditions using Landsat satellite images of Erzurum Province, and the model identified areas that were or may be degraded. According to the map results, 39% of the soils are at moderate risk of degradation, while 34% are at severe risk. Researchers discovered that 53% of the basin's soils are at risk of severe degradation based on model results. Furthermore, they claimed that, while forested lands are protected from loss, studies should be conducted to prevent loss on agricultural lands and grazing fields with steep slopes.

2.3.3. Soil loss estimation model of Southern Africa (SLEMSA)

The SLEMSA soil loss model is widely used in African environments (Elwell & Stocking, 1982). It is a modeling technique or framework that makes no universal claims but rather mechanistic descriptions of the system. The SLEMSA framework is a methodical procedure for developing models to predict sheet erosion on arable land in southern Africa. The SLEMSA framework is a methodical procedure for developing models to predict sheet erosion on arable land in southern Africa. The framework was intended to be used to build a variety of sub-models, each tailored to a specific set of land, climate, and land-use conditions. Despite the fact that the current set of sub-models for calculating SLEMSA factors used by the Zimbabwe Agricultural Services were developed specifically for the Zimbabwean highveld, they are now being used to provide the best estimates of sheet erosion

throughout Zimbabwe and elsewhere in southern Africa in the absence of additional data (Elwell, 1996). In a study on the applicability of SLEMSA in mountainous areas, Hudson (1987) discovered that estimates of soil loss were very sensitive to variations in slope steepness (S) and rainfall energy (E). A weakness of the model is the apparent overestimation of soil loss values due to the collinearity between the slope steepness (S) and slope length (L) factors. The problem worsens as the slope steepness increases, indicating that the topographic sub-model should be modified if SLEMSA's predictive ability in rugged terrain is to be improved. The study also demonstrated the model's relative insensitivity to changes in slope length. SLEMSA calculated absolute soil loss values that were 20 times higher than the actual measurements. Hudson (1987) modified the slope subroutine, which greatly increased the applicability of SLEMSA in mountainous terrain. This is demonstrated by the slope length (L) factor, the combination of the modified L and rainfall energy (E), and the inclusion of a complex slope profile factor. Because it acts as an index of the spatial distribution of soil loss, SLEMSA is regarded as a useful model for distinguishing between regions with a high and low potential for erosion. The application of the Water Erosion Assessment Program (SWEAP) model to the SOTER (soil and terrain) database at a scale of 1: 000 000 by ISRIC (1995) provided confirmation of this. The erosion risk assessment models USLE and SLEMSA are currently part of the SWEAP model subsystem. Both models were modified to work with the SOTER database's capabilities and constraints.

2.3.4. Geographic information system and modelling of soil erosion

Numerous scientific studies have been conducted over the last decade using GIS and RS technologies to evaluate soil erosion over large areas (Sheikh et al., 2011). These studies have shown that these approaches are effective and cost-effective in providing accurate information about eroded areas, including soil types, lithological units, and vegetation, at a reasonable cost. Several integrated models combining GIS and remote sensing for predicting water and soil erosion have also been published (Fullen, 2003; Merritt et al., 2003). Remote sensing can be analyzed in the Arc GIS software environment in conjunction with GIS (Karabulut et al., 2008). GIS is becoming increasingly important in landscape planning and conservation. Estimating erosion in an area is a broad and useful strategy in soil conservation and planning studies, and more effective and accurate data can be collected using GIS technology (Okatan et al., 2007).

3. Conclusion

Empirical soil loss models have been a critical component of soil erosion research and management in Somalia. Empirical soil loss models are mathematical equations that predict soil erosion based on variables like rainfall, land cover, soil type, slope, and land management practices. These models help researchers, policymakers, and land managers understand and forecast the extent of soil erosion, which is a major environmental issue in Somalia

due to the negative effects it has on agricultural productivity, water quality, and ecosystem health. Several empirical soil loss models have been developed and applied in Africa, the most widely used being the Universal Soil Loss Equation (USLE) and its revised version, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), and the Soil Loss Estimation Model of Southern Africa (SLEMSA). These models have been adapted and calibrated to account for the diverse soil and climate conditions found throughout Africa. They provide useful information about soil erosion hotspots, assisting in the identification of erosion-prone areas and the implementation of targeted soil conservation and land management strategies. This is most likely why none of the empirical soil loss models were properly adapted and validated over time and across a wide range of local conditions. The latter is required for models to be used routinely in order to accurately and confidently predict soil loss values. However, the research shows the value of empirical models in soil conservation research and planning. It has contributed to a better understanding of the factors that influence erosion in Somalia. This is critical for the direction of soil conservation research. It serves as a foundation for future modeling efforts. It also provides insights into data collection and, in some cases, measured values for some model input data. Over the next ten years, erosion modeling will face the most challenges, including the need to model erosion in a spatial and temporal context and integrate erosion models and/or their results with other land assessment models and/or techniques. Because the use of empirical soil loss models to predict absolute values is limited due to a lack of verification, process-based models are the obvious method for accurately estimating soil erosion values. These models use physically sound equations and factors to accurately reflect the underlying erosion processes. With relative confidence, empirical models could be used as screening models, particularly in a spatial context and typically through the use of a GIS. There are already several examples of empirical models being spatially applied, such as USLE/RUSLE or parts (factors) of the models. Typically, it is challenging to manually calculate slope length and other topographic data. Other instances of the spatial application of USLE and RUSLE include Flacke, Auerswald & Neufang (1990), Mitasova & Iverson (1996), and Busacca et al. (1993). In South Africa, Pretonus & Smith (1998) created a land use planning decision support system with the risk of erosion as the main criterion, among other tools, in a GIS environment. Pretorius (1998) created RUSLE-based land-use monitoring and auditing techniques with the aid of remote sensing and GIS technology. The use of these models in Africa has also been associated with the advancement of Geographic Information Systems (GIS) technology, which facilitates the spatial analysis of soil erosion risk across large areas. The better visualization of erosion patterns and the prioritization of conservation efforts in particular regions have both been made possible by the integration of GIS and soil loss models. If data requirements could be met, process-based models could be used to generate quantified estimates of soil loss and sediment yield in field-size areas and catchments. The results could be used to assess the quantitative land

resource base. These models must be calibrated using field research and process-based modeling techniques with measured local input data. This motivation would help to establish this technology for erosion prediction in East Africa. In Somalia, the use of empirical soil loss models has had both successes and setbacks. On the plus side, these models have helped policymakers and land managers develop effective erosion control and land conservation strategies. These models enable a more targeted approach to soil conservation by identifying vulnerable areas, allowing for more efficient resource and effort allocation. The availability and quality of data required for accurate application of these models, on the other hand, are critical factors. Some African regions may lack reliable data on factors such as rainfall, land use, and soil characteristics, which can affect the model's precision. Efforts should be made to improve data collection and sharing mechanisms in order to improve the accuracy of soil loss assessments. Additionally, Africa's diverse socioeconomic and cultural contexts must be recognized. Implementing soil conservation measures may necessitate community cooperation and understanding. Cultural practices, land tenure systems, and economic conditions can all have an impact on the adoption and effectiveness of conservation efforts. As a result, it is critical to involve local communities and stakeholders in the planning and implementation of soil erosion control measures. Furthermore, climate change is expected to change rainfall patterns and intensities, potentially altering soil erosion rates in different areas. As a result, soil loss models must be regularly updated and adjusted to account for changing climate conditions. To summarize, empirical soil loss models have been useful in addressing soil erosion issues and providing a scientific foundation for soil conservation strategies in East Africa. To ensure their long-term effectiveness, however, ongoing efforts to improve data availability, involve local communities, and adapt to changing climate conditions are required. In order to develop sustainable soil erosion control measures tailored to the specific needs of Somali regions, it will be critical to integrate technological advances and local knowledge.

Acknowledgments

This study was produced from a part of the Doctoral Thesis titled "The Assessment of Erosion Risk and Prediction of Soil Losses in Somalia", which is being carried out at the Graduate Education Institute of Isparta University of Applied Sciences.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Authors' Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

4. References

- Busacca, A. J., Cook, C., & Mulla, D. J. (1993). Comparing landscape-scale estimation of soil erosion in the palouse using Cs-137 and RUSLE. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(4), 361–367.
- Cohen, M. J., Shepherd, K. D., & Walsh, M. (2005). Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. *Geoderma*, 124(3–4), 235–252. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.05.003>
- ISRIC (1995). Water erosion assessment using reference soils of the ISIS database. National Soil Reference Collections and Database Workshop. Wageningen, Netherlands. Retrieved January 1, 2023, from <https://www.isric.org/documents/document-type/isric-report-199514-water-erosion-assessment-using-reference-soils-isis>
- Ding, J., & Richards, K. (2009). Preliminary modelling of sediment production and delivery in the Xihanshui River basin, Gansu, China. *CATENA*, 79(3), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.014>
- Elwell, H. A. (1996). Environmental monitoring of land degradation and soil erosion methods and techniques. Guidelines for the SADC region. Compiled for SADC-ELMS, Maseru.
- Elwell, H., & Stocking, M. (1982). Developing a simple yet practical method of soil-loss estimation. *Tropical Agriculture*, 59(1), 43–48.
- FAO 2003. Data Sets, Indicators and Methods to Assess Land Degradation in Drylands. FAO, Rome.
- Feddema, J. J. (1998). Estimated impacts of soil degradation on the African water balance and climate. *Climate Research*, 10(2), 127–141.
- Flacke, W., Auerswald, K., & Neufang, L. (1990). Combining a modified Universal Soil Loss Equation with a digital terrain model for computing high resolution maps of soil loss resulting from rain wash. *Catena*, 17(4-5), 383-397. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(90\)90040-K](https://doi.org/10.1016/0341-8162(90)90040-K)
- Fullen, M. A. (2003). Soil erosion and conservation in northern Europe. *Progress in physical geography*, 27(3), 331-358. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp385ra>
- Gisladottir, G., & Stocking, M. (2005). Land degradation control and its global environmental benefits. *Land Degradation & Development*, 16(2), 99-112. <https://doi.org/10.1002/ldr.687>
- Gao, P. (2008). Understanding watershed suspended sediment transport. *Progress in Physical Geography*, 32(3), 243-263. <https://doi.org/10.1177/0309133308094849>
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M., Kosmas, C., & Gentile, A. R. (2003). Assessment and reporting on soil erosion. *European Environment Agency*, 94, 103.
- Hudson, C. A. (1987). A Regional Application of the SLEMSA in the Cathedral Peak Area of the Drakensberg (Doctoral dissertation, University of Cape Town).
- İrvem, A., Topaloğlu, F., & Uygur, V. (2007). Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336(1–2), 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.12.009>
- Jha, M. K., & Paudel, R. C. (2010). Erosion Predictions by Empirical Models in a Mountainous Watershed in Nepal. *Journal of Spatial Hydrology*, 10(1).
- Karabulut, M., & Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş ovası ve çevresinde CBS kullanılarak erozyon alanlarının tespiti. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), 14-22.
- Lakew, D., & Belayneh, A. (2012). A field guide on gully prevention and control. ENWM Project. Addis Ababa.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519–539. <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Lal, R., Valentin, C., Blum, W. E. H., & Stewart, B. (2020). *Methods for assessment of soil degradation*. In CRC Press eBooks. <https://doi.org/10.1201/9781003068716>
- Lim, K. J., Sagong, M., Engel, B. A., Tang, Z., Choi, J., & Kim, K. (2005). GIS-based sediment assessment tool. *CATENA*, 64(1), 61–80. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.06.013>
- Merritt, W., Letcher, R., & Jakeman, A. J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling and Software*, 18(8–9), 761–799. [https://doi.org/10.1016/s1364-8152\(03\)00078-1](https://doi.org/10.1016/s1364-8152(03)00078-1)
- Mitášová, H., & Iverson, L. R. (1996). Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 629–641. <https://doi.org/10.1080/02693799608902101>

- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation*: Third edition. Victoria: Blackwell Publishing.
- Okatan, A., Aydın, M. ve Urhan O. Ş. (2007). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Havza Amenajmanında Kullanımı ve Önemi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*. 30 Ekim- 02 Kasım, Trabzon.
- Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., & Sombroek, W. G. (1991). World Map of the status of human-induced soil degradation: An Explanatory Note.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1), 119–137. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8>
- Pretorius, D. J. (1998). The development of land degradation monitoring and auditing techniques with the aid of remote sensing and GIS technology (Report No. GW/A/98/27).
- Renard, K. G. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Renard, K. G., & Ferreira, V. (1993). RUSLE model description and database sensitivity. *Journal of Environmental Quality*, 22(3), 458–466. <https://doi.org/10.2134/jeq1993.00472425002200030009x>
- Sheikh¹, A. H., Palria, S., & Alam, A. (2011). Integration of GIS and universal soil loss equation (USLE) for soil loss estimation in a Himalayan watershed. *Recent Research in Science and Technology*, 3(3), 51-57.
- Shi, Z., Cai, C., Ding, S. W., Wang, T., & Chow, T. L. (2004). Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. *CATENA*, 55(1), 33–48. [https://doi.org/10.1016/s0341-8162\(03\)00088-2](https://doi.org/10.1016/s0341-8162(03)00088-2)
- Teng, H., Liang, Z., Chen, S., Liu, Y., Rossel, R. a. V., Chappell, A., Wu, Y., & Shi, Z. (2018). Current and future assessments of soil erosion by water on the Tibetan Plateau based on RUSLE and CMIP5 climate models. *Science of the Total Environment*, 635, 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.146>
- Wynants, M., Kelly, C., Mtei, K., Munishi, L. K., Patrick, A., Rabinovich, A., Nasser, M., Gilvear, D., Roberts, N., Boeckx, P., Wilson, G. A., Blake, W., & Ndakidemi, P. A. (2019). Drivers of increased soil erosion in East Africa's agro-pastoral systems: changing interactions between the social, economic and natural domains. *Regional Environmental Change*, 19(7), 1909–1921. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01520-9>
- Yılmaz, E. (2006), Çamlıdere Baraj Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi, (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Zhou, P. (2008) Landscape-Scale Soil Erosion Modelling and Ecological Restoration For A Mountainous Watershed In Sichuan, China. *Tropical Forestry Reports* 35, University of Helsinki.
- Zhu, M. (2011). Soil erosion risk assessment with CORINE model: case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26(6), 813–822. <https://doi.org/10.1007/s00477-011-0511-7>