

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2022 - 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: 2022, Cilt/Volume: 4, 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 Md NORWAWI
Prof. Dr. Deniz YILMAZ
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Prof. Dr. Yusuf UÇAR
Prof. Dr. İskender AKKURT
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ
Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK
Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN
Doç. Dr. Halime ÜNLÜ
Doç. Dr. Abdullah GENÇ
Doç. Dr. Musa YAVUZ
Dr. Teuku Reza FERASYI
Dr. Supriyanto SUPRIYANTO
Dr. Mahdi HOSSEINI
Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR
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
Arş. Gör. Mevlüt Yunus KAYACAN

İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL
Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

Teknik Editörler/Technical Editors

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan GÜLER
Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ
Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR
Prof. Dr. Cengiz ÖZEL
Prof. Dr. Okan BİNGÖL
Prof. Dr. Hasan BAYDAR
Prof. Dr. Metin MÜJDECİ
Prof. Dr. Hasan ALKAN
Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN
Prof. Dr. Mahmut ELP
Prof. Dr. Altan DOMBAYCI
Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK
Doç. Dr. Selçuk HELHEL
Doç. Dr. Osman GENCEL
Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

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

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

- Entomopatojen Fungusların *Bombus terrestris* Arılarının Besin Tercihi Üzerine Etkisi
Effect of Entomopathogenic Fungi on Food Preferences of Bombus terrestris
Asena KORKMAZ, Görkem YANIK, Ayhan GÖSTERİT 60-66
- Melezleme ve Mutasyonla Elde Edilen İki Sıralı Arpa Genotiplerinde Bazı Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi
Determination of Some Agricultural Characteristics in Two-Line Barley Genotypes Obtained by Hybridization and Mutation
Cemal KONUR, İlknur AKGÜN 67-75
- Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çıkış Gün Sayısı Üzerine Etkili Bazı Faktörler ve Bu Faktörler ile Çıkış Gün Sayısı Arasındaki İlişkiler
Some Factors Affecting the Number of Days to Emerge and The Relationship Between These Factors and the Number of Days to Emerge of Chickpea (Cicer arietinum L.)
Çetin SAYILĞAN, Burhan KARA, Mehmet KOCATÜRK, Mehmet PAMUKCU, Filiz AKIN, Mehmet AYDOĞDU 76-81
- Farklı Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Çeşitlerinin Fenolojik, Morfolojik Gelişimleri ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Phenological, Morphological Developments and Pomological Characteristics of Different Persimmon (Diospyros kaki L.) Cultivars
Cuma Nur KILIÇ, Adnan YILDIRIM, Civan ÇELİK 82-87
- Isparta Koşullarında Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L) Genotiplerinin Tohum Verimi ve Bazı Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Some Agronomic Characteristics and Seed Yield of Some Grasspea (Lathyrus sativus L.) Genotypes in Isparta Conditions
Taşkın Ahmet SÖNMEZ, Mevlüt TÜRK 88-93
- Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L) Genotiplerinde Tohum Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Seed Quality Characteristics of Some Grasspea (Lathyrus sativus L.) Genotypes
Mevlüt TÜRK, Taşkın Ahmet SÖNMEZ 94-99

Ebeveyn Potansiyeli Yüksek Bazı Domates Hatlarının Verim ve Meyve Kalite Niteliklerinin Belirlenmesi <i>Determination of Production and Fruit Quality of Some Tomato Lines With High Parent Potential</i> Kevser TOSUN, Hakan AKTAŞ.....	100-113
Akkeçili Makilik Alanlarında Otlanabilen Yaygın Çalı Türlerinin Yem Değerlerindeki Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi <i>Determination of Seasonal Changes of Feed Value of Common Grazeable Species Akkeçili Macquis Shrublands</i> Emre BIÇAKÇI, Mevlüt TÜRK	114-122
Nesne Tespit Algoritması (YOLOv4) Kullanarak Patates Böceğinin (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) Patates Bitkisi Üzerinde Tespiti ve Populasyon İzleme Olanakları <i>Detection and Population Monitoring of Colorado Potato Beetle (Leptinotarsa decemlineata (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) on Potato Plant Using Object Detection Algorithm (YOLOv4)</i> Mustafa BİÇGİ, İsmail KARACA	123-129
Derleme / Review	
Su Ürünleri Bileşenlerinin Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi <i>The Effects of Seafoods Components on Immune System</i> Fahriye ÜMÜT1, Şengül BİLGİN1, Levent İZCİ	130-137
A Chemical Invasion on Waters and Aquatic Organisms: Bisphenol A <i>Sularda ve Akuatik Canlılarda Kimyasal Bir İstila: Bisfenol A</i> İkbal Demet NANE, Öznur DİLER	138-146



Entomopatojen Fungusların *Bombus terrestris* Arılarının Besin Tercihi Üzerine Etkisi

Asena KORKMAZ¹, Görkem YANIK^{1*}, Ayhan GÖSTERİT¹

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

*Sorumlu yazar: gorkemyanik@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/06/2022

Kabul tarihi: 21/10/2022

Anahtar Kelimeler: *Biopestisit, Bombus arısı, Entomopatojen fungus, Tüketim tercihi*

DOI: 10.55979/tjse.1137709

ÖZET

Örtü altı yetiştiricilikte zararlılarla mücadelede pestisitlere alternatif olarak biyolojik yöntemlerden biri olan entomopatojen fungus kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dolayısıyla bombus arılarının entomopatojen fungus çeşitlerine maruz kalması durumunda arılar üzerinde nasıl etkiler oluşturacağı bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada farklı entomopatojen fungusların (%1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1, %1.5 *Lecanicillium lecanii* strain V1-1 ve %1.5 *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1) *Bombus terrestris* işçi arılarının besin tüketim tercihinde etkili olup olmadığı belirlenmiştir. Araştırmada, içerisinde 20 adet *B. terrestris* işçi arısı bulunan toplam 20 mikro kolonide 3, 7, 10, 14, 17 ve 21. kontrol günlerinde entomopatojen fungus uygulanmış olan ve uygulama yapılmamış olan şeker şurubu ve polen tüketim miktarları ile ölen işçi arı sayısı değerleri belirlenmiştir. Kolonilerin şeker şurubu tüketim değerleri göz önüne alındığında, fungus içeren şeker şuruplarının kontrol grubunda yer alan şeker şurupları ile aynı oranda tüketildiği belirlenmiştir. Polen uygulamasında ise sadece 14. kontrol gününde *L. lecanii* içeren polen tüketiminin istatistik olarak kontrol grubuna göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Her iki tercih denemesinde de en yüksek ölüm oranları 3. kontrol gününde %13.00 ve %15.50 olarak belirlenmiştir. Sonraki kontrol günlerinde ise ölüm oranları giderek azalmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan entomopatojen fungusların bombus arıları üzerine önemli bir zararlı etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Effect of Entomopathogenic Fungi on Food Preferences of *Bombus terrestris*

ARTICLE INFO

Received: 29/06/2022

Accepted: 21/10/2022

Keywords: *Biopesticide, Bumblebee, Entomopathogenic fungus, Consumption preference*

DOI: 10.55979/tjse.1137709

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi are one of the biological methods as an alternative to pesticides, which is becoming widespread in greenhouse cultivation. Therefore, it is critical to understand how bumblebees will react to entomopathogenic fungi varieties. In this study, it was determined whether various entomopathogenic fungi (1.5% *Beauveria bassiana* strain Bb-1, 1.5% *Lecanicillium lecanii* strain V1-1, and 1.5% *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1) has an effect on food consumption preferences of *Bombus terrestris* worker. Sugar syrup and pollen consumption amounts, as well as the number of dead workers, were determined for 20 micro-colonies with 20 *B. terrestris* workers on the 3rd, 7th, 10th, 14th, 17th, and 21st control days. Based on the sugar syrup consumption values, it was determined that they consumed with the control group at a similar rate to those containing fungi. In pollen application, it was determined that the consumption of pollen containing *L. lecanii* showed a statistically significant difference only on the 14th observation day. In both preference groups, the highest mortality rates were assessed as 13.00% and 15.50% on the 3rd control day. In the following control days, mortality rates gradually decreased. The results obtained from the experiments reveal that entomopathogenic fungi used in the study have no significant harmful effect on bumblebees.

1. Giriş

Doğal ekosistemin devamlılığı, besin döngüsünün korunması, toprağın havalandırılması ve en önemlisi yabani ve kültüre alınmış bitkilerde tozlaşmanın sağlanması gibi farklı fonksiyonel role sahip olan böcekler, dünya üzerindeki diğer tüm karasal hayvanlara kıyasla en çok türü içerisinde barındıran canlı grubudur. Böcek türlerinden Hymenoptera takımı içerisinde yer alan arılar çoğunlukla çiçeklerin polen ve nektarıyla beslenen fitofag böceklerdir (Michener, 1974). Arılar içerisinde (Hymenoptera: Apidae), büyük koloniler halinde yaşaması, modern kovanlar sayesinde kolay yönetilebilmesi ve taşınabilmesi gibi sebeplerden dolayı bal arıları (*Apis mellifera* L.), dünya çapında zirai ürünlerin üretiminde kullanılan ekonomik olarak en değerli tozlayıcı türdür (Hristov vd., 2020). Ancak *Apis* dışında, *Nomia* spp., *Osmia* spp., *Megachile* spp. ve *Bombus* spp. türlerinin

de bir çok doğal ve kültüre alınmış bitkide tozlaşma hizmeti sağladığı da bilinmektedir (Potts vd., 2010; Garibaldi vd., 2014).

Örtü altı yetiştiricilikte kullanılmaları amacıyla 1980'li yıllardan itibaren kitlesel üretimleri gerçekleştirilen bombus arıları son yıllarda özellikle turpgiller ve patlıcangiller familyalarından olan sera bitkilerinin yetiştiriciliğinde neredeyse tüm dünyada yoğun olarak kullanılmaktadır (Velthuis & van Doorn, 2006; Wahengbam vd., 2019). Özellikle patlıcangiller familyasında yer alan domates bitkisinin örtü altı yetiştiriciliğinde bombus arısının kullanımına talep oldukça fazladır. Bal arılarına kıyasla az gelişmiş olan iletişim sistemlerinden dolayı sera dışına çıkma eğilimlerinin az olması, sera içerisindeki nemden dolayı açığa çıkamayan polenlerin serbest kalmasını kolaylaştıran titreşimli polinasyon davranışları, çiçek başına düşen

ziyaret sayılarının daha çok olması ve daha sakin bir yapıya sahip olmaları gibi özellikler bombus arılarının örtü altı yetiştiricilikte kullanımını avantajlı hale getirmektedir (Gösterit & Gürel, 2018). Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan 5 bombus arısı türü içerisinde daha kolay yetiştirilebilmesi ve koloni popülasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle ticari üretimi en fazla yapılan *Bombus terrestris* L.'dir (Velthuis & van Doorn, 2006). Örtü altı domates yetiştiriciliğinde dünyada yılda 3 milyon civarında *B. terrestris* kolonisinin kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir (Gösterit & Gürel, 2018). Tozlaşma amacıyla kullanılmak üzere pazarlanan ticari *B. terrestris* kolonileri 50-60 adet işçi arı, geniş bir yavru alanı ve sağlıklı bir ana arıya sahip olup, 1500-2000 m² sera alanı içerisinde yaklaşık 40 gün boyunca tozlaşma faaliyeti sağlayabilmektedir (Velthuis & van Doorn, 2006; Gösterit & Gürel, 2018). Ancak, kolonilerdeki olası hastalıklar, sera yapısı, sera içi iklim koşulları gibi faktörlerin yanı sıra, özellikle zararlılarla mücadelede yoğun pestisit kullanımının koloniler üzerinde lethal ya da sub-lethal etkiler meydana getirerek polinasyon kalitesini düşürerek ürün miktar ve kalitesinde azalmaya yol açtığı, dolayısıyla çiftçilerin ekonomik kayıp yaşamalarına sebep olduğu bilinmektedir (Gürel vd., 2011). Sera alanı içerisinde doğrudan pestisite maruz kalmaları veya pestisit kalıntılı bitkilerin polen veya nektarı ile temas etmeleri bombus arılarının ölüm riskini arttırmaktadır. Ölüm riski oluşturmasalar bile, pestisitler arıların polen ve nektar arama faaliyetlerini etkileyerek yuvaya dönüş yolunu bulamamalarına neden olmakta, yumurtlama, larva gelişimi ve ergin birey çıkışında anormalliklere yol açarak ise koloni gelişimini dolayısıyla tozlaşma performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Aktar vd., 2009; Gürel vd., 2011; Mommaerts & Smagghe, 2011; Blacquiére vd., 2012; Helps vd., 2017; Lamsa vd., 2018; Phelps vd., 2018).

Pestisitlerin, hedef dışı organizmalar kategorisinde yer alan bal arısı ve bombus arıları gibi birçok tozlaştırıcı popülasyonlar üzerinde oluşturduğu tehlike ile ilgili farkındalık oluşması sonucunda, bitki zararlılarına karşı daha sürdürülebilir mücadele yöntemlerine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır (Shah & Pell, 2003). Bu hedef doğrultusunda çevre dostu birçok mikrobiyal mücadele yöntemi ortaya konmuştur. Bu yöntemler içerisinde zararlıların bütün gelişim dönemlerine saldırabilmesi, bulunduğu ortamda çoğalabilme özelliği sayesinde sürekli veya yüksek dozda uygulanmasına gerek olmaması, kalıntı bırakmaması ve tarım zararlılarının direnç geliştirmemesi gibi özelliklere sahip olan entomopatojen fungusların kullanımı alternatif bir çözüm olarak umut vadetmektedir (Kaya & Lacey, 2007; Hafıza vd., 2014; Kumar vd., 2021). Biyolojik mücadele kapsamında yer alan entomopatojen fungusların bitkisel üretimde zararlı mücadelesinde kullanımları giderek yaygınlaşmakta olup, günümüzde toplam pestisit pazarının yaklaşık %2'sini entomopatojen funguslar oluşturmaktadır (Maina vd., 2018). Örtü altı yetiştiricilikte yoğun olarak kullanılan bombus arılarının, pestisitler ile aynı amaçla kullanılan entomopatojen funguslara maruz kalmaları sonucu oluşabilecek olumsuzlukların ortaya konulması ve dolayısıyla tozlaştırma performanslarını etkilemeyecek önlemlerin

alınması son derecede önemlidir. Zirai mücadele amacıyla kullanılan farklı kimyasallar tarlacı arıların ölümüne sebep olmasa bile, arıların kullanılan kimyasala maruz kalan çiçeği besin kaynağı olarak tercih etme veya etmeme durumunun da bilinmesi başarılı bir tozlaşmanın gerçekleşmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada, örtü altı yetiştiricilikte zararlı kontrolü amacıyla kullanılan farklı entomopatojen fungus türlerinin *B. terrestris* işçi arılarının besin tüketim tercihleri üzerinde herhangi bir farklılığa neden olup olmayacağı belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal temini

Araştırmada biyolojik mücadele kapsamında tercih edilen, beyazsinek ve batı çiçek thripsi zararlılarına ruhsatlı %1.5 *Lecanicillium lecanii* strain V1-1, yeşil kurt zararlılarına ruhsatlı %1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1 ve iki noktalı kırmızı örümcek zararlılarına ruhsatlı olan %1.5 *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1 entomopatojen fungusları kullanılmıştır. Deneme gruplarının oluşturulması amacıyla, ana arının olmadığı sosyal koşullarda ortalama 10 günlük yaşta yumurtalık gelişiminin başladığı bildirilen *Bombus terrestris* işçi arıları kullanılmıştır (Gösterit vd., 2016). Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında, kontrollü koşullarda (sıcaklık: 27-28 °C; oransal nem: %50-55) yürütülmüştür.

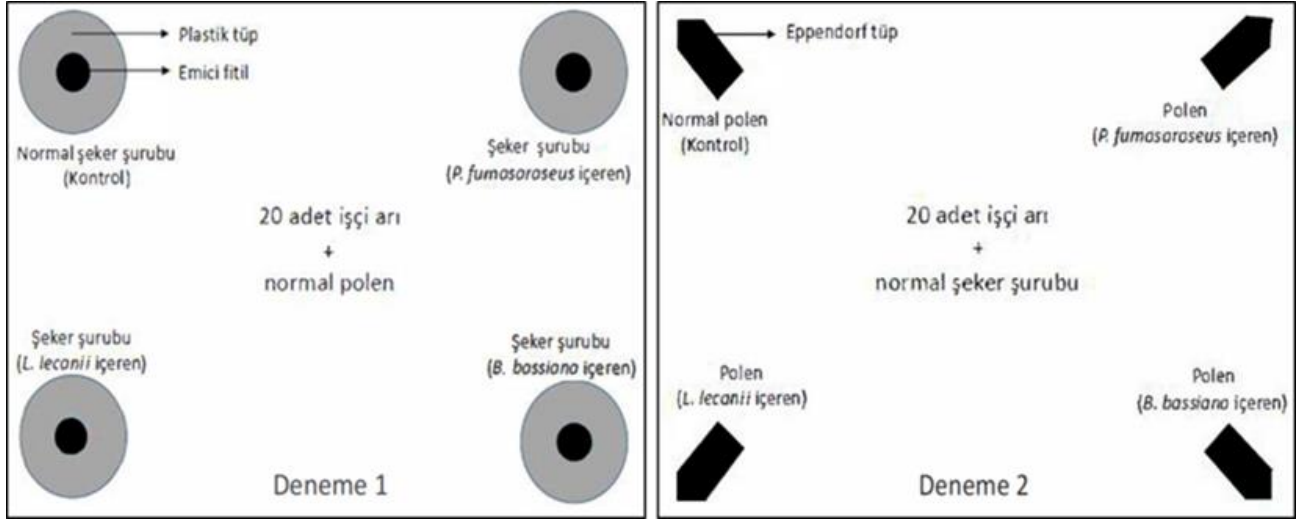
2.2. Mikro kolonilerin oluşturulması

Üç farklı entomopatojen fungusun şeker şurubu veya polen keki tüketim tercihine etkisinin belirlenmesi amacıyla koloninin tamamının kullanılması yerine, Klinger vd. (2019) tarafından önerilen mikro koloni yöntemi tercih edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda laboratuvarda yetiştirilen kolonilerde kuluçka döneminin sonuna yaklaşmış işçi arı pupaları ayrı plastik kutulara transfer edilmiş ve pupaların ergin hale gelmesi beklenmiştir. Bu pupa gruplarına yine kolonilerden alınan ve ana arı boyama kalemi ile toraks bölgelerinden işaretlenen 20 adet bakıcı işçi arı ilave edilmiştir. Bu sayede kutularda yeni ergin hale gelen ve mikro kolonilerin oluşturulacağı genç işçi arılar pupaların bakımı için kullanılan yaşlı bilinmeyen bakıcı işçi arılardan ayırt edilebilmiştir. Pupaların transferinden 5 gün sonra yapılan kontrolde ergin hale gelen genç işçi arılar kutulardan alınarak, farklı kutularda 7 gün daha polen ve şeker şurubu ile beslenmiştir (Buluş vd., 2020; Yanık vd., 2020). Elde edilen 8-12 günlük yaştaki bu *B. terrestris* işçi arıları arasından rastgele seçilen 20'şer adet işçi arı özel olarak hazırlanmış 20 cm × 25 cm × 12 cm ebatlarındaki kutulara konularak 20 ayrı mikro koloni oluşturulmuştur. Kalan işçi arılar daha sonraki aşamalarda ölecek işçi arıların yerine ilave edilmek üzere beslenmeye devam edilmiştir.

2.3. Tercih denemelerinin kurulması ve mikro kolonilerin bakımı

Her biri 20 adet işçi arı içeren 20 mikro koloniden 10 adedi şeker şurubu tercih denemesi (Deneme 1), diğer 10 adedi ise polen tercih denemesi (Deneme 2) için kullanılmıştır. Deneme 1 ve Deneme 2 için entomopatojen fungusların kullanım dozları (250 ml/100 L su) dikkate alınarak 4 farklı besin grubu (3 entomopatojen fungus ve 1 kontrol) oluşturulmuştur: Grup 1: Normal besin (kontrol) grubu, Grup 2: *L. lecanii* içeren besin grubu, Grup 3: *B. bassiana*

içeren besin grubu, Grup 4: *P. fumosoroseus* içeren besin grubu. Farklı fungusları içeren şeker şurubu veya polen ile dolu olan 4 plastik tüp (40 mm × 60 mm) tartılarak tüketim tercihinin belirleneceği mikro koloni kutularına sabitlenmiştir. İşçi arıların tüketim tercihlerini etkilememek amacıyla, farklı şeker şuruplarının bulunduğu plastik tüpler normal polen kekine (Deneme 1), farklı polen keklerinin bulunduğu tüpler ise normal şeker şurubuna (Deneme 2) eşit mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Şeker şurubu (Deneme 1) ve polen (Deneme 2) tüketim denemeleri için yetiştirme kutusu planları
Figure 1. Plans of rearing box for sugar syrup (Groups 1) and pollen (Groups 2) consumption experiments

Mikro koloniler üç hafta boyunca 3., 7., 10., 14., 17. ve 21. günlerde kontrol edilmiştir. Bu kontrol günlerinde deneme grubuna göre her kolonideki 4 şurup tüpü veya polen tüpü alınarak tartılmış ve tüketim miktarları belirlenmiştir. Alınan bu tüplerin yerine besin gruplarına göre taze şurup veya polen ile doldurulmuş yeni tüpler tartılarak konulmuştur. Ayrıca her kontrol gününde ölen işçi arı sayıları kaydedilmiş ve kutulardaki işçi arı sayısının eşit olması amacıyla her kutuya ölen işçi arı sayısı kadar yeni işçi arı ilave edilmiştir. Denemelerin başlatılması için yetiştirilen işçi arı grubundan kalan ve beslenmeye devam edilen işçi arılar bu amaçla kullanılmıştır.

2.4. Verilerin analizi

Çalışmada her kontrol günü için farklı entomopatojen fungusları içeren şeker şurubu ve polen tüketim miktarları ile ölen işçi arı sayısı değerleri belirlenmiştir. Verilerin analizinde Minitab (Versiyon 17.1.0) istatistik paket programı kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Tanımlayıcı istatistik değerler hesaplanarak gruplar özellikler bakımından tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Farklılığın önemli olduğu özellikler için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmış, işçi arı ölümleri ile ilgili oransal veriler ise oranlar arası test (z testi) ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada entomopatojen fungusları içeren ve içermeyen şeker şuruplarının mikro koloniler tarafından tüketim miktarları 3., 7., 10., 14., 17. ve 21. kontrol günleri için kümülatif olarak Çizelge 1’de verilmiştir. Her kontrol günü ayrı değerlendirildiğinde, bütün kontrol günlerinde beklenenin aksine kolonilerin entomopatojen fungus içeren şeker şuruplarını kontrol grubu şeker şurubuna göre daha fazla tercih ettiği belirlenmiştir. Koloniler 21 gün boyunca *Beauveria bassiana* içeren şeker şurubundan 71.95 ± 9.52 mililitre, *Lecanicillium lecanii* içeren şeker şurubundan 64.69 ± 9.01 mililitre ve *Paecilomyces fumosoroseus* içeren şeker şurubundan 62.28 ± 7.90 mililitre, kontrol grubunda yer alan şeker şurubundan ise 48.29 ± 6.67 mililitre tüketmiştir. Ancak üç hafta boyunca farklı kontrol günlerinde farklı şeker şuruplarının mikro koloniler tarafından tüketimi veya tercih edilmeleri bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Şeker şurubu denemesinde olduğu gibi, polen tercihi denemesinde de kontrol grubu olan polenin daha fazla tercih edilmesinin beklenmesine karşın, koloniler sadece 3. ve 7. kontrol günlerinde entomopatojen fungus içermeyen poleni daha fazla tercih etmişlerdir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Kontrol günlerinde gruplara ait elde edilen kümülatif şurup tüketim miktarları (mililitre)
Table 1. Amounts of cumulative syrup consumption of the groups on the control days (milliliter)

Kontrol günleri	N	Şurup içeriği	Ort ± S.H. (ml)	Min.	Max.
3. gün	10	Kontrol	9.61 ± 2.41	2.48	25.00
		<i>L. lecanii</i>	9.70 ± 2.42	2.56	27.57
		<i>B. bassiana</i>	13.92 ± 1.82	2.78	20.03
		<i>P. fumosoroseus</i>	9.11 ± 1.75	2.84	19.05
7. gün	10	Kontrol	18.04 ± 3.56	5.53	37.98
		<i>L. lecanii</i>	18.59 ± 3.29	6.64	39.99
		<i>B. bassiana</i>	25.71 ± 3.01	8.02	37.04
		<i>P. fumosoroseus</i>	19.33 ± 2.99	7.28	37.74
10. gün	10	Kontrol	28.80 ± 4.72	9.05	51.17
		<i>L. lecanii</i>	30.20 ± 4.66	10.88	57.94
		<i>B. bassiana</i>	39.43 ± 5.53	13.37	65.88
		<i>P. fumosoroseus</i>	35.33 ± 4.48	19.18	63.45
14. gün	10	Kontrol	35.08 ± 5.16	9.98	58.87
		<i>L. lecanii</i>	39.62 ± 5.11	14.20	67.52
		<i>B. bassiana</i>	48.64 ± 6.70	22.47	83.01
		<i>P. fumosoroseus</i>	45.50 ± 6.02	24.71	83.31
17. gün	10	Kontrol	42.82 ± 5.80	12.21	69.53
		<i>L. lecanii</i>	51.96 ± 6.68	18.96	80.97
		<i>B. bassiana</i>	61.48 ± 8.30	29.39	108.63
		<i>P. fumosoroseus</i>	56.65 ± 7.43	30.31	101.49
21. gün	10	Kontrol	48.29 ± 6.67	13.29	77.35
		<i>L. lecanii</i>	64.69 ± 9.01	20.88	107.57
		<i>B. bassiana</i>	71.95 ± 9.52	36.76	124.90
		<i>P. fumosoroseus</i>	62.28 ± 7.90	32.11	106.41

Çizelge 2. Kontrol günlerinde gruplara ait elde edilen kümülatif polen keki tüketim miktarları (gram)
Table 2. Amounts of cumulative pollen cake consumption of the groups on the control days (gram)

Kontrol günleri	N	Polen keki içeriği	Ort ± S.H. (gr)	Min.	Max.
3. gün	10	Kontrol	0.553 ± 0.056	0.180	0.791
		<i>L. lecanii</i>	0.435 ± 0.043	0.248	0.716
		<i>B. bassiana</i>	0.477 ± 0.043	0.277	0.675
		<i>P. fumosoroseus</i>	0.431 ± 0.053	0.247	0.801
7. gün	10	Kontrol	0.868 ± 0.088	0.221	1.150
		<i>L. lecanii</i>	0.835 ± 0.049	0.578	1.171
		<i>B. bassiana</i>	0.851 ± 0.052	0.681	1.161
		<i>P. fumosoroseus</i>	0.753 ± 0.087	0.379	1.326
10. gün	10	Kontrol	1.088 ± 0.088	0.399	1.419
		<i>L. lecanii</i>	1.415 ± 0.113	1.018	2.027
		<i>B. bassiana</i>	1.253 ± 0.090	0.918	1.691
		<i>P. fumosoroseus</i>	1.363 ± 0.133	0.803	2.226
14. gün	10	Kontrol	1.238 ± 0.095 ^b	0.536	1.644
		<i>L. lecanii</i>	1.889 ± 0.146 ^a	1.202	2.673
		<i>B. bassiana</i>	1.612 ± 0.112 ^{ab}	1.190	2.131
		<i>P. fumosoroseus</i>	1.694 ± 0.156 ^{ab}	1.020	2.760
17. gün	10	Kontrol	2.054 ± 0.160	0.990	2.959
		<i>L. lecanii</i>	2.656 ± 0.185	1.778	3.359
		<i>B. bassiana</i>	2.252 ± 0.120	1.511	2.800
		<i>P. fumosoroseus</i>	2.070 ± 0.205	1.190	3.477
21. gün	10	Kontrol	3.653 ± 0.368	1.382	5.425
		<i>L. lecanii</i>	4.397 ± 0.377	2.493	6.014
		<i>B. bassiana</i>	3.863 ± 0.269	2.520	5.025
		<i>P. fumosoroseus</i>	3.241 ± 0.408	1.528	5.590

a, b; Farklı kontrol günleri için aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05)

Kolonilerin 10. kontrol gününden itibaren entomopatojen fungus uygulaması yapılmış polenleri kontrol grubunda yer alan polene göre daha fazla tükettikleri belirlenmiştir. Ancak bu farklılık istatistiki olarak tüm kontrol günlerinde elde edilen tüketim değerlerine yansımamıştır. Sadece 14. kontrol gününde gruplar arasında polen tercih miktarları bakımından önemli farklılık olduğu belirlenirken (P<0.05), diğer kontrol günlerinde elde edilen tüketim değerleri

bakımından farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Kolonilerin 21 gün sonunda *L. lecanii*, *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* ve herhangi bir uygulama içermeyen şeker şurubu kullanılarak hazırlanan polenlerden sırasıyla toplam 4.397 ± 0.377 gram, 3.863 ± 0.269 gram, 3.241 ± 0.408 gram ve 3.653 ± 0.368 gram olarak tükettiği belirlenmiştir.

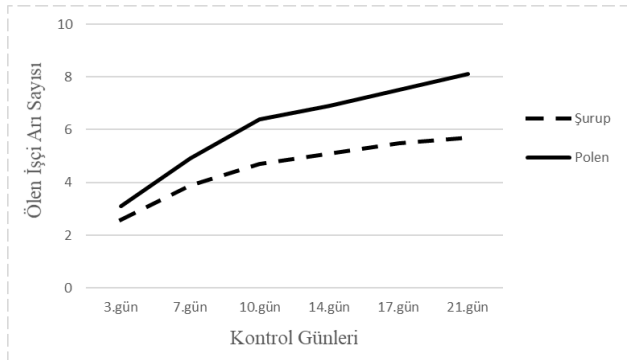
Çizelge 3. Mikro kolonilerde kontrol günlerine göre işçi arı ölüm oranları (%)

Table 3. Worker mortality rates in micro colonies on the control days (%)

Kontrol günleri	N	Şeker şurubu tercihi	Polen tercihi
3.gün	200	13.00 ^a	15.50 ^a
7.gün	200	6.50 ^b	9.00 ^b
10.gün	200	4.00 ^b	7.50 ^b
14.gün	200	2.00 ^{bc}	2.50 ^c
17.gün	200	2.00 ^{bc}	3.00 ^c
21.gün	200	1.00 ^{bc}	3.00 ^c

a, b, c; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05)

Her iki tercih denemesinde de (Deneme 1 ve Deneme 2) 3. kontrol gününde ölen işçi arı sayıları en yüksek düzeyde seyrederken, sonraki kontrol günlerinde ölüm oranlarının giderek azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kimyasal ve biyolojik kökenli bitki koruma ürünlerine maruz kalan hedef dışı organizmaların etkilenme durumlarını belirlemek için Uluslararası Biyolojik ve Entegre Kontrol Örgütü (IOBC) tarafından zararsız (ölüm ya da etkilenme oranı < %25), hafif zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %25 - %50), orta derecede zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %50 - %75) ve zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı > %75) olmak üzere 4 kategori belirlenmiştir (Sterk vd., 2002). Sunulan çalışmada belirlenen ölüm oranları Deneme 1 ve Deneme 2 için en yüksek sırasıyla %13.00 ve %15.50 olarak 3. kontrol gününde belirlenmiştir. Her kontrol gününde mikro kolonilerdeki işçi arı sayısı 20 adet olacak şekilde tamamlanmış olup, farklı kontrol günlerindeki ölen işçi arı sayılarına ait kümülatif değerler grafik halinde Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Kontrol günlerine ait ortalama kümülatif işçi arı ölüm sayıları

Figure 2. Average cumulative numbers of dead worker on the control days

Pestisitlerin açıklanan olumsuz etkilerinden dolayı son yıllarda bitkisel üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolünde farklı çözüm arayışlarına gidilmiş olup, çevre unsurlarına zararsız ya da çok az zararlı mücadele yöntem ve etmenlerin kullanımı üzerine araştırmalar hızlandırılmıştır (Villaverde vd., 2014). Yaklaşık 100 farklı takıma bağlı 700 türe sahip olduğu bilinen entomopatojen funguslar üzerindeki araştırmalar, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren tarım zararlısı böceklerin kontrolü için sentetik kimyasal pestisitlerin tercih edilmesi nedeniyle geri planda kalmıştır (Augustyniuk-Kram & Kram, 2012). Ancak

entomopatojen funguslar ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalar, bu etmenlerin entegre zararlı yönetimi stratejisinde tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılabilmesini ortaya koymuştur (Hafıza vd., 2014). Sonuç olarak, çevre bilincinin artması, gıda güvenliği endişeleri, pestisite dayanıklı zararlı türlerin sayısının artması ve geleneksel kimyasalların yetersizliği nedeniyle biyolojik mücadele kapsamında yer alan entomopatojen uygulamaları büyük oranda artış göstermiştir (Shahid vd., 2012).

B. bassiana'nın sera alanı içerisinde yayılımının belirlenmesi amacıyla *Bombus impatiens* taşıyıcı vektör olarak kullanıldığı çalışmada, entomopatojen fungusun çiçeklerde %95-98 oranında yayılma gösterdiği, fakat tarlacı işçi arılar üzerindeki lethal etkisinin koloni gelişimi açısından önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Shipp vd., 2012). *B. impatiens* üzerinde uygulanan benzer bir çalışmada da yüksek spor konsantrasyonunun %42-45 oranında tarlacı işçi arı ölümü meydana getirmiştir (Kapongo vd., 2008). Çalışma bulguları göz önüne alındığında *B. bassiana*'nın Uluslararası Biyolojik ve Entegre Kontrol Örgütü (IOBC) tarafından belirlenmiş olan hafif zararlı kategorisinde yer aldığı ortaya çıkmıştır. *B. terrestris* kolonileri üzerinde gerçekleştirilen entomopatojen fungusların doğrudan ve dolaylı etkilerinin incelendiği başka bir çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Gösterik & Demirözer, 2021; Demirözer vd., 2022a). *B. impatiens* üzerine lethal ve sub-lethal etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada; imidacloprid, abamectin ve metaflumizonun doğrudan temasla işçi arılara zarar verdiği, chlorantraniliprole ve test edilen tüm fungusitlerin ise zararlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, imidacloprid ile bulaşık polenler ile beslenen işçi arıların, yaşam sürelerini kısalttığı, kuluçka faaliyetlerini olumsuz etkilemiştir. *Bombus* işçi arılarının abamectin ile bulaşık poleni diğerlerine kıyasla daha az tükettiği belirlenmiştir (Mommaerts & Smagghe, 2011). *Apis mellifera* ve *B. terrestris* arıları üzerinde hem besin maddesi olarak verilerek hem de püskürtme uygulaması yapılarak *Beveria bassiana*, *Verticillium lecanii* ve *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* ile karşılaştırma ilacı olarak Chlorpyrifos-ethyl etken maddeli preparatların kullanıldığı çalışmada ise entomopatojenlerin ağız yoluyla alınması durumunda bal arılarının hareketleri üzerinde çok düşük, bombus arılarının hareketleri üzerinde ise olumsuz bir etki ortaya çıkarmamıştır. Püskürtme uygulamasında ise insektisit her iki arı türüne ait bireylerin tamamını öldürürken, entomopatojenlerin çok az sayıda bireyin ölümüne neden olduğu sonucunun ortaya konması pestisitlerin yerine entomopatojen fungusların kullanımının yaygınlaşmasını destekler niteliktedir (Akkoc vd., 2019; Demirözer vd., 2022b).

4. Sonuç

Son yıllarda pestisitler ile aynı amaçla kullanılan entomopatojen organizmaların bitkisel üretimde zararlı kontrolünde kullanılmalarının yaygınlaşması sebebiyle entomopatojen içerikli bitki koruma ürünlerinin hedef dışı organizmalar üzerindeki lethal etkileri ya da diğer organizmaların biyolojileri üzerinde herhangi bir olumsuz

duruma yol açıp açmadıklarını ortaya çıkarmak üzere yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Sera alanları içerisinde pestisit kullanımı sonucu karşılaşılan kalıntı sorunu pazarlanabilir ürünlerin ihracatı konusunda olumsuzluklara neden olmaktadır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar entomopatojen fungusların bombus arılarına önemli düzeyde bir zararının olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum biyolojik mücadele grubu içerisinde yer alan bu biyolojik etmenlerinin hem bitkisel üretimde zararlılarla mücadelede etkin kullanılabilme hem de çiftçilerin pazarlama ve ekonomik kayıplarını minimize etme potansiyelleri olduğu kanısını uyandırmaktadır. Sonuçlar ayrıca örtü altı yetiştiricilikte işletmelerin üretim programlarını ve üretimdeki başarılarını etkilemeyecek şekilde entomopatojen fungus preparatlarını kullanabileceklerini ve polinatör olarak sera alanlarında kullanılan bombus arılarından etkin bir şekilde faydalanabileceklerini göstermeleri açısından da önemlidir.

5. Teşekkür

Bu çalışma 2209/A kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamalarında tüm yazarlar eşit katkı oranına sahiptir.

6. Kaynaklar

- Akkoç, S., Karaca, İ., & Karaca, G. (2019). Effects of some entomopathogen fungi on *Apis mellifera* L. and *Bombus terrestris* L. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 23(2), 433-439. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.477889>
- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Augustyniuk-Kram, A., & Kram, K. J. (2012). Entomopathogenic fungi as an important natural regulator of insect outbreaks in forests (Review). In *Forest Ecosystems-More Than Just Trees*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/30596>
- Blacquière, T., Smagghe, G., Van Gestel, C. A. M., & Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21(4), 973-992. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x>
- Buluş, Y. İ., Uzun, A., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2020). Acetamidipridin Bombus (*Bombus terrestris*) Arılarında Kuluçka Gelişimi Üzerine Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1), 91-99.
- Demirözer, O., Uzun, Y. A., Yanık, G., Buluş, İ. Y., & Gösterit, A. (2022a). Investigation of the efficacy of some biopesticides by food exposure on *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research*, <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2054538>
- Demirözer, O., Uzun, Y. A., & Gösterit, A. (2022b). Lethal and sublethal effects of different biopesticides on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 53, 24. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00933-6>
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R., Kuhlmann, M., Kleijn, D., Klein, A. M., Morandin, L., Scheper, J., & Winfree, R. (2014). From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and The Environment*, 12(8), 439-447. <https://doi.org/10.1890/130330>
- Gösterit, A., Koskan, Ö., & Gürel, F. (2016). The relationship of weight and ovarian development in *Bombus terrestris* L. workers under different social conditions. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 51-57. <https://doi.org/10.1515/JAS-2016-0016>
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Scientific Papers, Series D-Animal Science*, 61(1), 201-204.
- Gösterit, A., & Demirözer, O. (2021). Bombus arılarında tarlacı işçi arıların entomopatojen funguslara maruz kalması kolonideki diğer bireyleri nasıl etkiler?. *Journal of Animal Science and Products*, 4(1), 54-62. <https://doi.org/10.51970/jasp.894260>
- Gürel, F., Gösterit, A., & Argun Karlı, B. (2011). Sera koşullarının *Bombus terrestris* L. kolonilerinin tozlaşma performansına etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1), 47-55.
- Hafıza, T. G., Shafqat, S., & Fawad, Z. A. K. (2014). Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: a review. *Applied Sciences and Business Economics*, 1(1), 10-18.
- Helps, J. C., Paveley, N. D., & Van den Bosch, F. (2017). Identifying circumstances under which high insecticide dose increases or decreases resistance selection. *Journal of Theoretical Biology*, 428, 153-167. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.06.007>
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of Apoidea as main pollinators, ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(28), 1-15. <https://doi.org/10.3390/d12070280>
- Kapongo, J. P., Shipp, L., Kevan, P., & Sutton, J. C. (2008). Co-vectoring of *Beauveria bassiana* and *Clonostachys rosea* by bumble bees (*Bombus impatiens*) for control of insect pests and suppression of grey mould in greenhouse tomato and sweet pepper. *Biological Control*, 46(3), 508-514. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.05.008>
- Kaya, H. K., & Lacey, L. A. (2007). *Field manual of techniques in invertebrate pathology*. (2nd ed.). Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests. Springer, Dordrecht, Netherlands. 868 pp.
- Klinger, E. G., Camp, A. A., Strange, J. P., Cox-Foster, D., & Lehmann, D. M. (2019). Bombus (Hymenoptera: Apidae) microcolonies as a tool for biological understanding and pesticide risk assessment. *Environmental Entomology*, 48(6), 1249-1259. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz117>
- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. *Plants*, 10(6), 1185. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>
- Lamsa, J., Kuusela, E., Tuomi, J., Juntunen, S., & Watts, P. C. (2018). Low dose of neonicotinoid insecticide reduces foraging motivation of bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1883), 20180506. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0506>
- Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., & Zakaria, D., (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 27-32.
- Michener, C. D. (1974) *The Social Behavior of the Bees: A Comparative Study*. Harvard University Press (Belknap Press), Cambridge pp. 404.
- Mommaerts, V., & Smagghe, G. (2011). Entomovectoring in plant protection. *Arthropod-Plant Interactions*, 5(2), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s11829-011-9123-x>
- Phelps, J. D., Strang, C. G., Gbylik-Sikorska, M., Sniegocki, T., Posylniak, A., & Sherry, D.F. (2018). Imidacloprid slows the development of preference for rewarding food sources in bumblebees (*Bombus impatiens*). *Ecotoxicology*, 27(2), 175-187. <https://doi.org/10.1007/s10646-017-1883-3>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Shah, P., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(5-6), 413-423. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1240-8>
- Shahid, A. A., Rao, A. Q., Bakhsh, A., & Husnain, T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insight into

- their virulence and pathogenicity. *Archives of Biological Sciences*, 64(1), 21-42. <https://doi.org/10.2298/ABS1201021S>
- Shipp, L., Kapongo, J. P., Park, H. H., & Kevan, P. (2012). Effect of bee-vectored *Beauveria bassiana* on greenhouse beneficials under greenhouse cage conditions. *Biological Control*, 63(2), 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.07.008>
- Sterk, G., Heuts, F., Merck, N., & Bock, J. (2002). Sensitivity of Non-Target Arthropods and Beneficial Fungal Species to Chemical and Biological Plant Products: Results of Laboratory and Semi-Field Trials. *1st International Symposium on Biological Control of Arthropods*, January 14-18, Hawaii, 306-313.
- Velthuis, H. H. W., & Doorn, V. A. A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4), 421-425. <https://doi.org/10.1051/apido:2006019>
- Villaverde, J. J., Sevilla-Moran, B., Sandin-Espana, P., Lopez-Goti, C., & Alonso-Prados, J. L. (2014). Biopesticides in the framework of the European Pesticide Regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest Management Science*, 70(1), 2-5. <https://doi.org/10.1002/ps.3663>
- Wahengbam, J., Raut, A. M., Pal, S., & Banu, A. N. (2019). Role of bumble bee in pollination. *Annals of Biology*, 35(2), 290-295.
- Yank, G., Uzun, A., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2020). *Bombus terrestris* arısında deltamethrinin olası olumsuz etkilerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi, *Journal of Animal Science and Products*, 3(2),155-164.



Melezleme ve Mutasyonla Elde Edilen İki Sıralı Arpa Genotiplerinde Bazı Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi

Cemal KONUR¹, İlknur AKGÜN^{1*}

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

*Sorumlu yazar: ilknurakgun@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 06/07/2022

Kabul tarihi: 07/10/2022

Anahtar Kelimeler: Arpa (*Hordeum vulgare L.*), Başak özellikleri, Kalite, Melez, Mutasyon

DOI: 10.55979/tjse.1139901

ÖZET

Bu çalışmada, 20 adet ileri generasyon melez arpa genotipi, 5 çeşit (İnce-04, Burakbey, Ünver, Larende ve Tarm-92) ve 5 adet mutant genotip (Tarm-92 çeşidine Cobalt-60 Gamma radyasyonu uygulamasından seçilmiş) Isparta koşullarında bazı tarımsal özellikler ve kalite yönünden incelenmiştir. Araştırmada metrekaresine 500 adet tohum atılmış ve ekimle birlikte 6 kg/da fosfor (P₂O₅) ve 5 kg/da azot (N) uygulanmış, azotun geri kalan kısmı (5 kg/da) kardeşlenme döneminde verilmiştir. Farklı genotiplerde bitki boyu, başak boyu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı ve kavuz oranı incelenmiş, bu özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, tane verimini ve kaliteyi doğrudan veya dolaylı etkileyebilen özelliklerde (başak uzunluğunda M-4; başakçık sayısında M-14; başakta tane sayısında M-14 ve M-15; bin tane ağırlığında M-20; hektolitre ağırlığında M-4, M-10, M-15 ve M-17; protein oranında G1, G2 ve M-5 genotipler) kontrol çeşitlerden daha üstün genotipler belirlenmiştir.

Determination of Some Agricultural Characteristics in Two-Line Barley Genotypes Obtained by Hybridization and Mutation

ARTICLE INFO

Received: 06/07/2022

Accepted: 07/10/2022

Keywords: Barley (*Hordeum vulgare L.*), Spike characteristics, Quality, Hybrid, Mutation

DOI: 10.55979/tjse.1139901

ABSTRACT

In this study, 20 advanced generation hybrid barley genotypes, 5 cultivars (İnce-04, Burakbey, Ünver, Larende, and Tarm-92) and 5 mutant genotypes (selected from Cobalt-60 Gamma radiation treatment to Tarm-92 cultivar) were investigated in terms of some agricultural characteristics and quality in Isparta conditions. In the research, 500 seeds were planted per square meter and with sowing, 6 kg of phosphorus (P₂O₅) and 5 kg of nitrogen (N) were applied per decare, and the rest of the nitrogen (5 kg/da) was given during tillering. Plant height, spike length, number of spikelets per spike, grain number per spike, 1000 grain weight, hectoliter weight, husk rate, and protein per grain were examined in different genotypes, and the relationships between these characteristics were determined by correlation analysis. As a result of the research, the properties that can directly or indirectly affect the grain yield and quality (M-4 in spike length; M-14 in the number of spikelets; M-14 and M-15 in the number of grains per spike; M-20; M-4, M-10, M-15 and M-17 in hectoliter weight; G1, G2 and M-5 genotypes in protein ratio) were determined superior to control cultivars.

1. Giriş

İnsan ve hayvan beslenmesinin en önemli kaynağını tahıllar oluşturmaktadır. 2020 yılı verilerine göre dünyada arpa üretimi yaklaşık 51.4 milyon ha, üretim miktarı 157.8 milyon ton, ortalama hektara verim ise 3.1 tondur (Eğilmez, 2021). Arpanın ülkemizde ekiliş alanı 3.8 milyon ha, üretim miktarı 8.3 milyon ton ve ortalama verimi 268 kg/da olup, ekiliş alanı olarak buğdaydan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2020). Türkiye’de arpa yetiştiriciliği genellikle yağışa bağlı koşullarda yapıldığından, verimi dünya ve AB ülkelerinin ortalamasının (5.0 ton/ha) altındadır (Eğilmez, 2021).

İlk kültüre alınan bitkilerin başında gelen arpa, binlerce yıl insan beslenmesinde kullanılmıştır. Günümüzde ise yerini başta buğday olmak üzere, diğer tahıllara bırakmış olup, bazı ülkelerde arpa ununun %8-10 oranında buğday ununa katıldığı bilinmektedir (Demirliçakmak, 1992). Arpanın dünyada kullanım alanları yaklaşık %68’i hayvan yemi, %21’i sanayide ve %5’i de gıda üretiminde, ülkemizde ise %86’sı yemlik, %14 maltlık olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2021). Arpa tanesinin içeriğinde, yaklaşık olarak

%10 protein, %67 karbonhidrat, %5 selüloz ve %2 yağ içerdiği, fosfor potasyum kalsiyum gibi mineraller ile A, E ve B vitaminlerince de zengin olduğu bildirilmiştir (Alkan & Kandemir, 2015). Gıda endüstrisinde ekmek, bisküvi, kraker, çay, bebek maması yapımında kullanılmaktadır. Arpada sindirilebilir lif oranının yüksek olması ve yüksek β-glukan içerdiğinden dolayı bazı ülkelerde arpa unu şeklinde kullanımı artmış ve insan beslenmesinde de önem kazanmıştır (Baik vd., 2008; Ergun vd., 2012). Arpa, buğdaya göre daha erken hasada gelerek, ikinci ürün yetiştirilmesine imkân sağladığı gibi yetersiz veya düzensiz yağış alan ya da tuzlu topraklara sahip bölgeler için de uygun bir bitkidir.

Arpa üretimimiz, tüketimimizi karşılamakla beraber bazı yıllar yaşanan kuraklık ve kalite sorunları nedeniyle ithalat yapılmaktadır. Ülkemizde arpa ithalat miktarı, 2019 yılında 510 033 ton iken, 2020 yılında 890 063 bin tona yükselmiştir (Eğilmez, 2021). Farklı tüketim alanları olan arpadan beklenen tane kalitesi kavramı da farklılıklar gösterebilmektedir. Özellikle hayvan yemi teminindeki yetersizlikler ve kaliteli ürüne olan ihtiyaç, arpa tarımının

önemini daha da artırmaktadır. Ülkemizde agroekolojik bölgelerin varlığı, kuraklık, yatma problemi, diğer biyotik ve abiyotik stres faktörleri arpa üzerinde ıslah çalışmalarının devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Arpa üretim miktarının artırılması bu sorunlara çözüm olabilen yeni çeşitlerin elde edilmesi ile mümkün olabilecektir. Yine ülkemizde her bölgeye önerilen yeni çeşitlerin belirlenmesi çalışmaları (Yüksel vd., 2017; Kızılgöçü vd., 2019; Karakoca & Akgün, 2020; Çelik, 2020; Karahan & Akgün, 2021; Kaya & Akçura, 2022) arpa üretiminde ve kalitesinde önemli bir artış sağlanabileceği gibi, ithalatın azaltılması ile ekonomiye de katkı sağlanacaktır.

Bu çalışmada, melezlemeyle geliştirilmiş ileri generasyon hatları ve mutasyon (Kobalt-60) ıslahından seleksiyon ile seçilen (M4 generasyon) hatları, bazı tarımsal özellikler yönünden, tescilli çeşitlerle karşılaştırılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Isparta koşullarına uygun hatlar belirlenerek yeni çeşitlerin geliştirilmesine çalışılacaktır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, yağışa dayalı koşullarda Isparta Uygulama Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilerine ait Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezine ait deneme alanlarında (2019-2020) yürütülmüştür. Materyal olarak, Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünden (GKTAE) temin edilen 20 adet ileri generasyon melez arpa genotipi, 5 tescilli çeşit (İnce-04, Burakbey, Ünver, Larende ve Tarm-92) ve 5 adet mutant (M4 generasyonu) hat olmak üzere toplam 30 adet iki sıralı arpa genotipi kullanılmıştır. GKTAE temin edilen melez genotipler 2 yıl ekilerek ön değerlendirmeye tutulmuş içerisinde başaklar seçilmiştir. Seçilen başaklardan başak sıraları oluşturularak, tohum miktarı artırılmış ve bu çalışmada kullanılmıştır.

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve metrekarede 500 adet tohum olacak şekilde ekim yapılmıştır. Her parselde 3 sıra yer almıştır (6 m uzunluk × 0.6 m genişlik). Dekara 10 kg hesabıyla azotlu, 6 kg/da hesabıyla fosforlu gübre uygulanmıştır. Azotlu gübrenin yarısı ekimle birlikte, geri kalan yarısı ise sapa kalkma döneminde üstten verilmiştir. Yabancı ot mücadelesi 150-200 cc/da aktif madde hesabıyla 2,4-D terkipli herbisit kullanılmış, parselin orta sırasındaki bitkiler tam olum döneminde el ile hasat yapılmış (parsellerin her iki ucunda 0.5 m kenar tesiri bırakılmıştır) ve tohumlar harman makinesiyle harmanlanmıştır. Araştırmada incelenen iki sıralı arpa genotiplerinden M-25 numara ile gösterilen hat erkenci olup, yaklaşık 10 gün önce hasat edilmiştir.

Araştırmada, her parselden rastgele seçilen 20 bitkinin ana başaklarında bitki boyu, başak boyu, başakta başakçık sayısı ve başakta tane sayısı ile 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kavuz oranı (Anonim, 1987) ve tanede protein oranı (Bremner, 1965; Kacar & İnal, 2010) incelenmiş, bu özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

Deneme yerinin toprak özellikleri; tekstür bakımından killi-tınlı, fosfor bakımından fakir (24.1 mg/kg), pH'sı 7.06, ve potasyum oranı (175.2 mg/kg) bakımından zengin, kireççe zengin (%29.0) ve organik maddece (%1.50) fakirdir.

Denemenin yürütüldüğü dönemde (Kasım 2019-Temmuz 2020) ortalama sıcaklık (11.36 °C) aynı döneme ait uzun yıllar ortalamasından (10.26 °C) yüksek, toplam yağış miktarı (421.5 mm) ise aynı döneme ait uzun yıllar toplamından (498.2 mm) daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Denemenin yürütüldüğü ve uzun yıllara ait yağış, sıcaklık, nem verileri*
Table 1. Precipitation, temperature, humidity data of the experiment and long years

Aylar	Uzun Yıllar (1929 – 2020)			Deneme Yılı 2019-2020		
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
Kasım	44.8	7.8	69.9	28.6	9.8	71.6
Aralık	86.7	3.6	76	45.3	4.6	77.5
Ocak	81	1.8	75.3	74.1	1.4	70.6
Şubat	67.6	2.9	71.7	71.4	3.8	75.2
Mart	58.8	6	65.9	41.3	7.7	64.8
Nisan	52.1	10.7	61.3	24.2	11.6	58.6
Mayıs	57	15.4	59.2	92.1	16.1	57.1
Haziran	34.3	19.9	52.7	42.6	20.3	52.3
Temmuz	15.9	23.4	45.6	1.9	27	36.5
Orta/Top.	498.2	10.16	64.17	421.5	11.36	62.68

*Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Arazi koşullarında incelenen özelliklerle ilgili araştırma sonuçlarından elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre SAS paket programından yararlanarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Özelliklere ilişkin ortalamalar Duncan testine göre gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki boyu

Arpa genotiplerine ait ortalama bitki boyları 91.63-71.77 cm arasında değişmiş ve genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). En

yüksek bitki boyu Tarm-92 çeşidinde, en düşük bitki boyu ortalaması ise M-2 genotipinde ölçülmüştür. Kontrol çeşitlerde en düşük 81.5-91.3 cm arasında, melez genotiplerde ise 71.77-91.57 cm arasında değişmiştir (Çizelge 2). Birçok melez grupta yer alan arpa genotipleri, denemede kontrol olarak kullanılan çeşitler ile bitki boyu

yönünden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Genel olarak mutasyon ile elde edilen G-1, 2, 3, 4 ve 5 hatları (78.73-83.53 cm) kendi kontrol grubu olan Tarm-92'den önemli seviyede daha kısa boylu (91.63 cm) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. İki sıralı arpa genotiplerde incelenen bazı tarımsal özelliklere ait ortalamalar

Table 2. Means of some agricultural characteristics examined in two-row barley genotypes

Genotip	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzun. (cm)	Başakçık Say. (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Bin Tane Ağırlığı (g)	Hektolitreye Ağır. (Kg)	Protein Oranı (%)	Kavuz oranı (%)
Tarm-92	91.63 a ¹	6.63 h-j ¹	23.42 ij ¹	22.33 a-f ¹	49.63 a	67.37 b-g	11.35 k ¹	11.52 d-1
M-2	71.77 m	6.62 h-j	24.80 d-f	22.90 a-e	45.70 c-f	50.83 m	13.27 b-h	12.79 b-g
M-3	84.63 de	7.20 b	23.35 i-k	22.03 a-f	45.30 c-g	62.81 f-k	13.01 b-1	12.93 b-f
M-4	80.17 i-j	7.65 a	25.45 bc	22.67 a-e	46.57 bc	74.93 a	13.91 b-e	15.12 a-c
M-5	76.00 k	6.75 e-1	22.97 kl	21.63 c-f	45.17 c-g	63.81 d-k	14.18 ab	12.57 b-h
İnce-04	76.63 k	6.88 d-g	25.17 cd	22.47 a-e	44.93 c-h	61.99 g-l	14.11 a-d	15.45 ab
M-7	73.80 l	6.93 de	23.27 jk	21.17 c-f	43.33 f-k	67.22 b-g	12.91 b-1	13.49 b-e
M-8	86.23 c	6.67 h1	23.25 jk	21.30 c-f	43.17 f-k	67.04 b-1	12.63 d-k	9.86 g-1
M-9	83.07 e-g	6.75 e-1	23.50 ij	20.32 d-f	44.20 c-1	56.88 l	14.10 a-d	10.45 e-1
M-10	81.30 i-h	6.92 d-f	24.15 gh	22.93 a-d	42.80 f-k	66.39 c-1	12.33 f-k	15.13 a-c
Larende	81.65 g-1	6.42 j-l	25.65 b	23.60 a-c	42.33 g-k	67.29 b-g	12.98 b-1	10.61 e-1
M-12	86.30 c	6.05 o	23.75 h1	21.73 c-f	40.63 kl	72.52 ab	12.66 c-k	12.24 d-1
M-13	86.10 cd	7.13 bc	25.15 c-e	21.47 c-f	43.37 d-k	64.45 c-j	12.98 b-1	14.09 a-d
M-14	81.10 i-h	6.97cd	26.30 a	19.60 f	44.67 c-1	68.67 b-f	12.99 b-1	10.73 e-1
M-15	91.57 a	7.28 b	24.73 ef	24.50 ab	43.60 c-j	70.29 a-c	11.60 i-k	15.14 a-c
Burakbey	89.50 b	7.58 a	25.67 b	24.70 a*	45.57 c-f	66.41 c-1	12.57 e-k	11.63 d-1
M-17	80.20 i-j	6.42 j-l	22.37 mn	20.77 d-f	38.20 l	70.18 a-c	13.71 b-f	11.40 d-1
M-18	75.60 k	6.66 h1	23.27 jk	20.97 c-f	32.77 m	64.14 d-k	11.95 h-k	13.13 b-e
M-19	80.60 i	6.52 i-k	22.35 mn	21.23 c-f	40.87 jk	62.81 f-k	12.80 b-k	11.02e-1
M-20	86.80 c	6.92 de	24.15 gh	22.67 a-e	48.50 ab	66.62 c-1	12.22 g-k	12.89 b-g
Ünver	87.20 c	6.53 i-k	21.60 o	20.63 d-f	41.77 i-k	69.17 b-e	12.66 c-k	9.71 h1
M-22	80.30 i-j	6.66 h1	24.50 fg	23.07 a-d	46.10 b-e	63.26 e-k	11.44 j-k	9.70 h1
M-23	83.13 e-g	6.60 h-j	23.97 h	22.33 a-f	46.33 b-d	67.19 b-h	12.86 b-j	10.01 f-1
M-24	83.07 e-g	6.70 f-1	24.85 d-f	22.93 a-d	42.30 g-k	69.34 b-d	11.55 i-k	13.12 b-e
M-25	84.07 ef	6.70 f-1	21.52 op	21.23 c-f	43.90 c-1	63.98 d-k	13.96 b-g	13.34 b-e
G-1	83.53 ef	6.80 d-h	22.75 lm	21.80 b-f	44.10 c-1	58.55 kl	15.41 a	16.52 a
G-2	82.47 f-h	6.27 l-n	22.38 mn	20.67 d-f	42.10 g-k	58.93 j-l	14.15 a-c	12.30 c-1
G-3	78.93 j	6.35 k-m	21.15 p	20.10 ef	44.43 c-1	66.09 c-1	13.61 b-g	12.73 b-h
G-4	80.83 i-h	6.15 m-o	22.25 n	20.93 c-f	42.77 f-k	61.27 h-l	13.09 b-h	9.39 ı
G-5	78.73 j	6.14 no	22.55 l-n	20.87 c-f	43.70 c-j	61.24 i-l	13.74 b-f	11.29 d-1
Ortalama	82.23	6.73	23.67	21.85	43.62	65.05	13.03	12.31
CV (%)	1.10	1.75	1.03	6.39	3.47	4.61	5.76	12.52

¹ Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Araştırmada incelenen genotiplerde bitki boyu yönünden varyasyon belirlenmiştir. Bitki boyu üzerine çevresel faktörler etkili olsa da daha fazla genetik yapıya bağlı bir özellik olduğu bildirilmiştir (Whitman vd., 1985). Arpada bitki boyunun eklemeli gen etkisi altında olduğu ileri sürülmüştür (Bilgen, 1989).

Arpa üretimini kısıtlayan faktörlerden birisi de yatma sorunudur. Yatmaya dayanıklılıkta bitki boyu önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir. Genellikle uzun boylu genotiplerde yatma daha fazla meydana geldiğinden, ıslah çalışmalarında kısa boylu genotiplerin geliştirilmesi tercih edilmektedir. Uzun boylu bitkilerin fotosentezle üretilen asimilatları boy uzamasında, kısa boylu bitkiler ise fertil kardeş oluşturmada kullanarak verime katkı sağladığı farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (McClung vd.,

1986; Bilgen, 1989). Yine yatma fotosentez etkinliğini azaltarak, bitkinin büyüme ve gelişmesini sınırlandırabilmektedir. Özellikle başaklanma döneminde meydana gelen yatma, %27-40 arasında verim kaybına neden olabilmektedir (Rademacher, 2009). Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde bitki boyu yönünden genotipler arasında varyasyon belirlenmiştir. Nitekim ortalama bitki boyu Kendal vd. (2010), 90.0-128.1 cm, Oral vd. (2017), 90-117 cm, Ertuş (2021), 56.23-75.10 cm, Kaya & Akçura (2022), 85-100 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bitki boyu yönünden genotipler arasındaki farklılık, genotiplerin oksin konsantrasyonu ve fotosentetik aktivitelerinin farklı olmasından kaynaklanabilmektedir (Bak vd., 2001; Din vd., 2011).

3.2. Başak uzunluğu

İki sıralı arpa genotiplerine ait başak boyu ortalamaları 6.05-7.65 cm arasında değişmiş ve genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En uzun başak boyu M-4 genotipinde, en kısa başak boyu ise M-12 genotipinde ölçülmüştür (Çizelge 2). M-3, M-4, M-13 ve M-15 melez hatlarında başak uzunlukları 7 cm üzerinde olup, Burakbey hariç diğer kontrol çeşitlerden daha fazla bulunmuştur. Kontrol çeşitleri ait başak boyu ortalamaları 6.42-7.58 cm ve mutasyon ile elde edilen arpa genotiplerinin başak boyu değerleri ise 6.14-6.80 cm arasında değişim göstermiştir. Mutant hatların başak uzunluğu Tarm-92 (6.63 cm)'den önemli seviyede daha kısa (G-1 hattı hariç) olduğu belirlenmiştir. Bitki boyunun kısılması başak uzunluğunun da azalmasına neden olmuştur.

Başak uzunluğundaki artış, başaktaki fotosentetik kapasiteyi ve tane sayısını arttırdığından ıslahçılar tarafından üzerinde durulan bir özelliktir. Araştırmada tane sayısı ile başak uzunluğu arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3). Uygun koşullarda yetiştirilen uzun başak boyuna sahip çeşitlerin ve hatların verimi arttırdığı bildirilmiştir (Öktem & Çölkesen, 2000; Dönmez, 2002). Başak boyu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, başak uzunluğunun, başakçık sayısını arttırdığı ve verimi etkilediği bildirilmiştir (Korkut vd., 1993; Karakoca & Akgün, 2020). Başak uzunluğuna etkili olan faktörlerin, çevre koşulları, kültürel uygulamalar ve genetik yapı olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Yüksel vd., 2011; Koç & Akgün, 2018).

Bu konu ile ilgili incelenen diğer araştırmalarda; farklı ekolojik koşulda yürütülen iki sıralı arpa genotiplerinde başak uzunluğu 6.58-9.11 cm (Sırat & Sezer, 2016), Isparta koşullarında yürütülen çalışmada Tarm-92 iki sıralı arpa çeşidi tohumlarına farklı dozlarda uygulanan gama ışınları (200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulamasından elde edilen M2 bitkilerinde ortalama başak boyu 8.71 cm (Karakoca & Akgün, 2020), Erzurum ekolojik koşullarında Tarm-92 arpa çeşidi ve bundan elde edilmiş 32 adet M4 generasyonuna ait mutant hatlarda, başak boyu 7.04-9.33 cm arasında olduğu bildirilmiştir (Kaplan, 2019). Yine iki sıralı tecilli arpa çeşitleri ve melezleme yolu ile elde edilmiş ileri generasyon hatlarında başak uzunluğu 7.53-9.06 cm (Çelik, 2020) ve 5.41-7.03 cm arasında değiştiği bildirilmiştir (Ertuş, 2021).

Sonuç olarak incelenen diğer araştırmalarda elde edilen veriler, çalışmamızda bildirilen başak uzunluğu değerleri (6.05-7.65 cm) ile benzerlik göstermektedir. G1-5 nolu hatlar seçildiği popülasyonda başak uzunluğu 7.93- 9.13 cm arasında değişmiş ve kontrole göre (8.71 cm) farklılık göstermiştir (Karakoca, 2020). Bu çalışmada hem Tarım-92 çeşidinde hem de mutant genotiplerde başak uzunluğu daha kısa bulunmuştur. Başak uzunluğu çevre koşullarından etkilenebilmektedir (Koç & Akgün, 2018).

3.3. Başakçık sayısı

Arpa genotiplerinde başakçık sayısı ortalamaları 21.15-26.30 adet arasında değişmiş ve genotipler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En fazla başakçık sayısı M-14 hattında, en düşük değer ise mutant G-3 hattında belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerinin ortalama başakçık sayısı değerleri 21.60-25.67 adet arasında, melez hatlar 21.51-26.30, mutant hatlar 21.15-22.75 adet arasında değişim göstermiştir. Araştırmada birçok melez hat istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Arpada başakçık sayısı başak boyuna, başağın sık veya seyrek oluşuna ve sıra sayısına (2 ya da 6 sıralı) göre değişebilmektedir. Arpada başakçık sayısı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, kullanılan çeşitler ve hatlara göre genel olarak farklılık göstermekle beraber, başak uzunluğu arttıkça başakçık sayısının da artmış olduğu ve tane verimi ile olumlu ilişkisi olduğu bildirilmiştir (Khaliq vd., 2004; Altındal, 2014).

Lasa vd. (2001) tarafından yapılan araştırmada, genotiplerin başakçık sayısı 15.6-37.6 adet, Bursa lokasyonunda 17.45-22.88 adet Taş & Yürür (2002), 133 yerel arpa genotipi üzerinde yürütülen çalışmada ise 23.4-35.8 adet (Ahmad vd., 2008) arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre başak boyunun kısa olduğu genotiplerde başakçık sayısı da daha az bulunmuştur. Araştırmada başak uzunluğu ile başakta başakçık sayısı arasında önemli ve olumlu ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3).

3.4. Başakta tane sayısı

Araştırmada genotiplerin başakta tane sayısı ortalamaları 19.60-24.70 adet arasında değişmiştir. En yüksek başakta tane sayısı Burak Bey çeşidinde, en düşük ise M-14 genotipinde belirlenmiş ve genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Kontrol çeşitlerinin başakta tane sayısı ortalamaları 20.63-24.70 adet, melez genotiplerde ise 19.60-24.50 adet arasında değişmiştir. Burakbey, İnce-04, Larende ve Tarm-92 çeşitleri çeşidi ile birçok melez hat (M-2, M-3, M-4, M-10, M-15, M-20, M-22, M-23, M-24) ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Başakta tane sayısı yeni çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir seleksiyon kriteri olup, tane verimini doğrudan etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Başakta tane sayısı genetik özelliklerin yanı sıra çevre faktörlerinden de etkilenebilmektedir. Nisan ve Mayıs aylarında hava koşulları serin geçmesi ve istenilen yağışın bulunduğu koşullarda, başaktaki tane sayısı ve tane iriliği artmaktadır. Nisan ve mayıs aylarının sıcak ve kurak geçmesi, döllenmeyi olumsuz etkileyerek tane tutma oranı azalmaktadır (Dencic vd., 1995; Şentürk & Akgün, 2014). Başakta tane sayısı ile ilgili incelenen diğer çalışmalarda; Sırat & Sezer (2017), 21.72-26.15 adet, Karakoca & Akgün (2020), 20.36-23.42 adet, Kaplan (2019), 17-22.37 adet, Çelik (2020), 24.6-53.9 adet, Ergün (2021), 22.4-29.9 adet,

Ertuş (2021), 30.07-34.26 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Araştırmamız sonucunda elde ettiğimiz veriler (19.60-24.70 adet), incelenen diğer araştırma sonuçları ile benzerlik gösterdiği gibi farklı sonuçlar da belirlenmiştir. Sonuçların farklı bulunma nedeni, araştırmalarda kullanılan genotiplerin ve çevre koşullarının farklı olması ile açıklanabilir. Araştırmada mutasyonla elde edilen genotiplerde kontrol çeşidine göre tane sayısının az olması, başak uzunluğu ve başakçık sayısı değerlerinin daha düşük bulunması yanında mutagene bağlı olarak kısırılığın devam etmesi de etkili olabilir. Nitekim mutasyon uygulamalarında başak yapısında ve tohum oluşumunda anormallikler, dişi ve erkek organlarda bozulmalar olabileceği farklı çalışmalarda belirlenmiştir (Sarker & Sharma, 1989; Akgün & Tosun, 2004). Yine başakta tane sayısının gama ışını uygulanarak elde edilen mutantlarda en hassas özellik olduğu ileri sürülmüştür (Rachovska & Dimova, 2000).

3.5. Bin tane ağırlığı

Genotip ortalamaları bin tane ağırlığı yönünden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Arpa genotiplerine ait ortalama bin tane ağırlıkları 32.77-49.63 g arasında değişmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Tarm-92 çeşidinde belirlenmiş olmakla birlikte M-20 (48.50 g) genotipi aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Kontrol çeşitlerinde bin tane ağırlığı 41.77-49.63 g, mutasyon ile elde edilen arpa genotiplerinde 42.10-44.10 g, melez hatlarda ise 33.77-48.50 g arasında değişim göstermiştir. M-4, M-20, M-23 ve M-22 melez genotiplerinde ortalama bin tane ağırlığı 46 g üzerinde belirlenmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Bin tane ağırlığı tahıllarda, tane verimini etkileyen özelliklerden birisi olup, önemli bir kalite kriteridir. Arpada tane büyüklüğü, endospermde depolanan nişasta miktarı ile ilişkili olup, yapısında biriktirdiği kuru madde oranı yükseldikçe yemlik ve biralık kalitesi artmaktadır. Bin tane ağırlığı, kullanılan hatların genetik özelliklerinin yanı sıra, yetiştirme teknikleri, ekolojik koşullar, başakta tane sayısı, ekim zamanları ve bitkinin generatif gelişim döneminde karşılaştığı sıcaklık ve kuraklık gibi iklim koşulları etkili olabilmektedir (Kendal & Doğan, 2012; Kilercioğlu, 2020; Öngün, 2021). İncelenen farklı çalışmalarda bin tane ağırlığı, eklemeli çok sayıda gen ile kontrol edildiğinden (Yağdı & Ekingen, 1995), çevre faktörlerinden daha fazla etkilendiği ileri sürülmüştür (Peterson vd., 1992). Nitekim, Konya, Aksaray, Çumra lokasyonunda 19 farklı arpa genotipi ve 5 adet tescilli çeşit ile yürütülen çalışmada, bin tane ağırlıkları Aksaray lokasyonunda 40.18-54.12 g, Çumra lokasyonunda 24.38-49.15 g, Konya lokasyonunda ise 40.46-49.43 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Aydoğan vd., 2017).

İncelenen diğer araştırmalarda bin tane ağırlığı; arpada ortalama bin tane ağırlığı, Swanston vd. (2017), 43.5-47.2 g, Kaplan, (2019) 54.19-60 g, Kızılgöçü vd., (2019), 42.21-45.02 g, Sönmez & Yüksel (2019), 30.5-55.2 g, Çelik

(2020), 35.01-52.49 g, Kaya & Akçura (2022), 35-40 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.6. Hektolitre ağırlığı

Arpa genotiplerinde ortalama hektolitre ağırlığı 50.83-74.93 kg arasında değişmiş ve en yüksek hektolitre ağırlığı M-4 genotipinde, en düşük ise M-2 genotipinde belirlenmiştir. Genotipler arasındaki hektolitre ağırlığı yönünden farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Kontrol çeşitlerinde ortalama hektolitre ağırlığı 61.99-69.17 kg, mutant genotiplerinde 58.55-66.09 kg, melez hatlarda ise 50.83-74.93 kg arasında değişim göstermiştir. Birçok melez hat aynı istatistiksel grupta yer almış (M-4, M-12, M-15, M-17) ve 70 kg üzerinde hektolitre ağırlığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

İncelenen araştırmalarda hektolitre ağırlığı, çevre şartlarına (sıcaklık, rakım, yağış, toprak), endosperm yapısına, kültürel uygulamalara, genotip özelliklerine, hastalık ve zararlı etkilerine ve yatma oranına bağlı olarak değişebilmektedir (Sade vd., 1999; Kendal, 2012). Nitekim farklı çalışmalarda hektolitre ağırlığının; Aydoğan vd. (2017), 68.30-73.50 kg, Kızılgöçü vd. (2019), 58.92-66.39 kg, Çelik (2020), 54.86-64.20 kg, Sönmez vd. (2020), 56.78-67.77 kg, Köse vd. (2021), 71.24-81.11 kg, Kaya & Akçura (2022), 63-68 kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.7. Protein oranı

Arpa genotiplerine ait ortalama protein oranı değerleri %11.35-15.41 arasında değişmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En yüksek protein oranı G-1 genotipinde, en düşük ise Tarm-92 çeşidinde belirlenmiştir. Kontrol çeşitlerine ait protein oranı ortalamaları %11.35-14.11, melezleme ile elde edilen genotiplerde %11.44-14.18 ve mutant hatlarda %13.09-15.41 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde protein oranı bakımından G-1 genotipi ile M-5, G-2, M-9 genotipleri ve İnce-04 çeşidi aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Mutant genotiplerin protein oranları Tarm-92 çeşidinden daha yüksek bulunmuştur.

Arpada protein miktarına, genotip, toprakta bulunan kullanılabilir azot seviyesi, ekolojik koşullar (iklim, hastalık ve zararlılar, toprak), kültürel uygulamalara (makine tarım, bitki besleme uygulamaları ve sulama) bağlı olarak %9.2-14.5 arasında değişmektedir (Karaduman, 2006). Özellikle tane dolun dönemindeki yağışların, protein oranını doğrudan etkilediği ileri sürülmüştür (Hurkman vd., 2009; Biruk & Demelash, 2016). Araştırmada mutant hatların protein oranı kontrol (Tarm-92) ve birçok melez hatlardan daha yüksek bulunmuştur. Çağırğan & Yıldırım (1989), arpa mutasyon çalışmalarında bazı mutant tiplerin daha fazla tane protein oranı içerdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar araştırmamızda elde ettiğimiz verileri destekler niteliktedir. Diğer taraftan başakta tane sayısının azlığı da protein oranını arttırmaktadır.

Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde; iki sıralı arpada ham protein oranının çeşitlere bağlı olarak Quinde

vd. (2004), %8.9-11.1, Aydoğan vd. (2011), %11.08-12.15, Kızılgöçü vd. (2016), %13.9- 19.1, Muruza & Çelik (2020), %9.72-11.83 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Maltlık arpada yüksek protein içeriği birada bulanıklığa ve acılaşmaya neden olduğundan protein oranının %12'den az olması istenmektedir (Kün, 1996). Yemlik olarak kullanılacak arpalarda ise protein içeriği fazla olmalıdır. Ülkemizde kullanılan arpa çeşitlerinin büyük bir çoğunluğu hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Araştırmada kullanılan iki sıralı hatların birçoğunun %12 ve üzerinde protein oranına sahip olması nedeniyle, yemlik olarak kullanıma daha uygun olduğu söylenebilir.

3.8. Kavuz oranı

Arpa genotiplerinde ortalama kavuz oranı %9.39-16.52 arasında değişmiştir. En düşük kavuz oranı G-4, en yüksek ise G-1 mutant genotiplerde belirlenmiş ve genotipler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Melez hatların ortalama kavuz oranı %9.70-15.14, mutant genotiplerde %9.39-16.52, kontrol çeşitlerinde ise %9.71-15.45 arasında değişmiştir. Mutasyon ile elde edilmiş olan G-1 numaralı genotip ile İnce-04 çeşidi, M-4, M-13 ve M-15 numaralı hatlar aynı istatistiksel grupta yer almış, %14'ün üzerinde kavuz oranı belirlenmiştir (Çizelge 2). Mutant genotiplerde kavuz miktarı yönünden de kontrol çeşidinden farklılık (Tarm-92) belirlenmiştir.

Arpada kavuz oranının az olması arzu edilmektedir. Genel olarak toplam kavuz oranının tane ağırlığına oran %15-25 arasında değişmektedir (Rode & Beauchemin, 1995). Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde kavuz oranı üzerine yılların etkisi önemli (%7.98-8.65), genotipin ise önemsiz (%8.06-8.50) olduğu (Kartal vd., 2003), farklı lokasyonlarda Karahan (2020), tarafından yapılan çalışmada genotipin (%9.4-12.99) ve yılların (%10.4-11.4) etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir. Farklı araştırmalarda kavuz oranı üzerine, protein oranında olduğu kadar olmasa da çevrenin etkili olduğu (Karahan, 2020), iki sıralı arpada tanelerin dolgun, kavuzların ince ve ekstrakt içeriğinin daha fazla olduğu ileri sürülmüştür (Atlı vd., 1989).

Maltlık arparların kavuzlu olması istenmekte, ancak %9'dan fazla olması istenmemektedir. Kavuzlar filtre işlevi gördüğü gibi, çim kımının kırılmasını da önlemektedir. Diğer taraftan kavuz oranı fazla olduğunda, tanen ve reçine içeriği de arttığından, bira kalitesi düşmektedir. TS 4078 Arpa Standardına göre ilk üç kalite derecesi için öngörülen kavuz oranları sırasıyla en çok %8, 10 ve 12'dir (Anonim, 1983; Kartal vd., 2003). Buna göre araştırmada kullanılan genotiplerin büyük çoğunluğu 2. ve 3. kalite derecesine girmektedir.

Sonuç olarak araştırmada kavuz oranı genotipe bağlı olarak önemli farklılık göstermiş ve kavuz oranı yönünden değerlendirilecek hatlar belirlenmiştir. Yem olarak kullanılacak çeşitlerde de kavuz oranının %10'dan daha az olması istenir. Bu değerlerin üzerindeki kavuz oranı, yem değerini düşürmektedir.

3.9. İncelenen özelliklere ait korelasyon analizi

Farklı arpa genotiplerinde incelenen özelliklere ait korelasyon sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, bitki boyu ile hektolitreye ağırlığı arasında ($r = 0.37$) pozitif, protein oranında ise ($r = -0.28$) negatif korelasyon belirlenmiş ve bu ilişkiler önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Yine bitki boyu ile tane sayısı ($r = 0.21$), tane ağırlığı ($r = 0.25$) ve bin tane ağırlığı ($r = 0.25$) arasında pozitif ve istatistiksel olarak %5 önemlilik seviyesinde korelasyon belirlenmiştir. Benzer şekilde, başak uzunluğu ile başakçık sayısı ($r = 0.55$), tane sayısı ($r = 0.41$), tane ağırlığı ($r = 0.50$) ve kavuz oranı ($r = 0.31$) arasında pozitif ve önemli ($P<0.01$); başakta başakçık sayısı ile tane sayısı ($r = 0.50$) ve tane ağırlığı ($r = 0.57$) arasında pozitif ve önemli ($P<0.01$), protein oranında ise ($r = -0.28$) negatif ve önemli ($P<0.05$); başakta tane sayısı ile tane ağırlığı ($r = 0.48^{**}$) ve kavuz oranı ($r = 0.21^*$) arasında pozitif ve önemli, protein oranında ise ($r = -0.28^{**}$) negatif korelasyon belirlenmiştir. Yine tane ağırlığı ile bin tane ağırlığı ($r = 0.22^*$), hektolitreye ağırlığı ($r = 0.33^{**}$) ve kavuz oranı ($r = 0.38^{**}$) arasında pozitif ve önemli; hektolitreye ağırlığı ile protein oranı arasında ($r = -0.31^{**}$) negatif ve istatistiksel olarak önemli korelasyon ilişkisi tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Arpa ıslah programlarında amaç, tane verimi ve kalitesini arttırmaktır. Bu nedenle tane verimini etkileyen özellikler arasındaki ilişkiler farklı araştırmacılar tarafından incelenmiş ve ıslahçıya yardımcı olabilecek seleksiyon kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır (Khaliq vd., 2004; İlker, 2006; Yılkan vd., 2020; Kaya & Akçura, 2022).

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırmada, 30 farklı arpa genotipinin bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı, bin tane ağırlığı, kavuz oranı, hektolitreye ağırlığı ve tanede protein oranı incelenmiştir. Çalışmada, Isparta ekolojik koşullarına uygun yeni çeşitlerin geliştirilmesine kaynak sağlayabilecek hatların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma sonucunda, bitki boyu kısa olan genotiplerde, başak uzunluğunun azaldığı, başak uzunluğu ile başakta başakçık sayısı arasında önemli ve olumlu ilişki bulunmuştur. Çalışmada kullanılan iki sıralı hatların birçoğunun %12 ve üzerinde protein oranına sahip olması nedeniyle, yemlik olarak çeşit geliştirmeye daha uygun olduğu, TS 4078 Arpa Standardına göre genotiplerin büyük çoğunluğu 2. ve 3. kalite derecesine girdiği belirlenmiştir. Ayrıca bazı genotiplerin (başak uzunluğunda M-4, başakçık sayısında M-14, başakta tane sayısında M-14 ve M-15, hektolitreye ağırlığında M-4, M-10, M-15 ve M-17, bin tane ağırlığında M-20, protein oranında ise G-1, G-2 ve M-5 genotipleri) kontrol çeşitlerinden daha üstün olduğu belirlenmiştir. Bu hatların Isparta koşullarına uygun yeni çeşitlerin elde edilmesine doğrudan katkı sağlayabileceği, bazılarının da arpa gen havuzu içerisinde ebeveyn olarak da kullanılabilirliği söylenebilir.

Çizelge 3. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r)
Table 3. Correlation coefficients (r) between the investigated characteristics

Özellikler	Bib	Bau	Bbs	Ts	Ta	Hl	Po	Bta
Bau	0.13							
Bbs	0.07	0.55**						
Ts	0.21*	0.41**	0.50**					
Ta	0.25*	0.50**	0.57**	0.48**				
Hl	0.37**	0.17	0.19	0.10	0.33**			
Po	-0.28**	-0.04	-0.25*	-0.28**	-0.20	-0.31**		
Bta	0.25*	0.19	0.20	0.17	0.22*	-0.06	-0.02	
Ko	-0.08	0.31**	0.19	0.21*	0.38**	0.02	0.18	0.04

*P <0.05, ** P<0.01, BiB: Bitki boyu, Bau: Başak uzunluğu, Bbs: Başakta başakçık sayısı, Ts: Başakta tane sayısı, Ta: Başakta tane ağırlığı, Hl: Hektolitre ağırlığı, Po: Protein oranı, Bta: Bin tane ağırlığı, Ko: Kavuz oranı

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Ahmad, Z., Ajmal, S. U., Munir, M., Zubair, M., & Masood, M. S. (2008). Genetic diversity for morpho-genetic traits in barley germplasm. *Pakistan Journal of Botany*, 40(3), 1217-1224.
- Akgün, I., & Tosun, M. (2004). Agricultural and cytological characteristics of M1 perennial rye (*Secale montanum* Guss.) as effected by the application of different doses of gamma rays. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(5), 827-833. <http://doi.org/10.3923/pjbs.2004.827.833>
- Alkan, F. R., & Kandemir, N. (2015). Tokak yerel arpa çeşidi içinden seçilen saf hatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 124-139.
- Altındal, D. (2014). *Göller Yöresinde Yetiştirilen Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin/Popülasyonlarının Genetik Uzaklıklarının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim (1983). TSE Arpa Standardı, TS 4078, Ankara.
- Anonim (1987). EBC Analysis by the European Brewery Convention Braueri-und Getranke-rundschau. CH-8047 Zurich Switzerland.
- Anonim (2017). World Barley Production, Area Harvested, Yield. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Son erişim tarihi: 22 Kasım 2019).
- Anonim (2020). Tarım Ürünleri Piyasaları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler> (Son erişim tarihi: 22 Haziran 2022)
- Anonim (2020). TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Son erişim tarihi: 19 Haziran 2022).
- Anonim (2021). Ürün Raporu. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler> (Son erişim tarihi: 22 Haziran 2022).
- Atlı, A., Koçak, N., & Tuncer, T. (1989). Yemlik ve Maltlık Arpada Kalite Kriterleri ve Arpa Islahı Programlarında Kalite Değerlendirilmesi. *Arpa-Malt Seminerleri*. 30 Mayıs-1 Haziran, Konya, 69-83.
- Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Demir, B., Hamzaoğlu, S., & Kara, İ. (2017). Arpa genotiplerinin farklı lokasyonlardaki kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2), 8-13. <https://doi.org/10.15316/SJAFAFS.2017.13>
- Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen, Akçacık, A., & Ayrancı, R. (2011). Konya koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1), 10-16.
- Baik, B. K., & Ulrich, S. E. (2008). Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48, 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
- Bak, S., Taxa, F. E., Feldmann, K. A., Galbaritha, D. W., & Feyereisene, R. (2001). CYP83B1 a cytochrome P450 at the metabolic branch point in auxin and indol glucosinolat biosynthesis in arabidopsis. *The Plant Cell*, 13(1), 101-111. <https://doi.org/10.1105/tpc.13.1.101>
- Bilgen, G. (1989). *Yabani x Kültür Arpa Melezlerinde Genetik Analizi ve Bunlardan Islahat Yararlanma Olanakları*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Biruk, G., & Demelash, K. (2016). Effect of nitrogen fertilizer level on grain yield and quality of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in malda woreda, South Ethiopia. *Food Science and Quality Management*, 52, 8-16.
- Bremner, J. M. (1965). Organic forms of nitrogen. In *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*. (pp.1238-1255)
- Çağırın, M. İ., & Yıldırım, B. M. (1989). Selection of proanthocyanidin-free mutants in an irradiated " Kaya" barley population. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 51-60.
- Çelik, H. M. (2020). *Bazı Arpa (Hordeum vulgare L.) Çeşitlerinde Verim, Verim Unsurlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Demirliçakmak, A. (1992). Türkiye'de Arpa Çeşitleri ve Gelişimi. 2. Arpa-Malt Semineri. Bahri Dağdaş Milletlerarası Kışlık Hububat Araştırma Merkezi, Konya, 1(9).
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B., & Petrovic, M. (1995). Influence of drought on morphologic and agronomic traits. *Institut Za Ratarstvo I Povrtarstvo*, 23, 203-211.
- Din, J., Khan S. U., Ali, I., & Gurmani, A. R. (2011). Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal and Plant Science*, 21(1), 339-345.
- Dönmez, E. (2002). *Bazı Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Çeşitlerinde Genotip x Çevre İteraksiyonları ve Stabilitate Analizleri Üzerine Bir Araştırma*. (Basılmamış Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Eğilmez, S. (2021). Ürün Raporu Arpa. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, Tepge Yayın No: 339, s. 17, ISBN: 978-605-7599-78-0
- Ergun, N., Aydoğan S., & Sarı A. O. (2012). Cereal production and agronomic innovation in Turkey, *Watch Letter*, 23, 36-39.
- Ergün, N. (2021). *Kavuzsuz Arpa Genotiplerine (Hordeum vulgare L. var. nudum Hook. f.) Farklı Dozlarda Uygulanan Gama Işınının M1 ve M2 Bitkilerinin Bazı Özelliklerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ertuş, M. M. (2021). A research on the determination of grain yield of some barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in late autumn sowing in the high altitude agricultural area of Anatolia. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 210-215. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss1pp210-215>
- Genç, İ. (1974). *Yerli ve yabancı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verime etkili başlıca karakterler üzerinde araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

- Hurkman, Q. J., Vensel W. H., Tanaka C. K., Whitehand, L., & Altenbach, S. B. (2009). Effect of high temperature on albumin and globulin accumulation in the endosperm protome of the developing wheat grain. *Journal of Cereal Science*, 49, 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.06.014>
- İlker, E. (2006). Arpa melezlerinde verim ve verim özellikleri arasındaki ilişkiler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(3), 1-11.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara.
- Kaplan, Z. (2019). *Tarm 92 Arpa Çeşiti ile Bundan Elde Edilen Yapay Mutant Genotiplerin Verim ve Bazı Verim Özellikleri Yönünden Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaduman, Y. (2006). Kavuzsuz arpa potansiyeli. *Unlu Mamuller Teknolojisi*, 74, 21-26.
- Karahan, T. (2020). İki ve altı sıralı arpa (*Hordeum vulgare L.*) hat/çeşitlerinde genotip, çevre ve genotip x çevre etkisinin kalite ile verim özellikleri üzerine etkisi. (Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Karahan, T., & Akgün, İ. (2021). İki ve altı sıralı arpa (*Hordeum vulgare L.*) genotiplerinde tane verimi ve stabilite analizi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 77-86. <https://doi.org/10.55979/tjse.1134663>
- Karakoca, A. T. (2020). *Arpada Farklı Gama Radyasyon Dozu Uygulamalarının M2 Generasyonunda Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Mutagenik Etkilerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Karakoca, T. A., & Akgün, İ. (2020). Farklı gama radyasyon dozu uygulamalarının M2 generasyonunda bazı tarımsal özellikler üzerine mutagenik etkilerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 96-104. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.580095>
- Kartal, G., Öztürk, A., & Çağlar, Ö. (2003). Erzurum koşullarında farklı azot dozlarının arpanın maltlık özelliklerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 9-16.
- Kaya, Y., & Akçura, M. (2022). İklim değişiminin farklı büyüme tabiatına sahip bazı arpa çeşitleri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(1), 107-118. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1017266>
- Kendal, E. (2012). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İklim Değişikliğinin Arpa Yetiştiriciliği Üzerine Etkisi. *Uluslararası Gıda Tarım ve Gastronomi Kongresi*, 15-19 Şubat, Antalya, 68-70.
- Kendal, E., & Doğan, Y. (2012). Bazı yazlık arpa genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 77-84.
- Kendal, E., Kılıç, H., Tekdal, S., & Altıkat, A. (2010). Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Adıyaman kuru koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 49-58.
- Khaliq, I., Najma, P., & Chowdhry, M. A. (2004). Correlation and path coefficient analyses in bread wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(4), 633-635.
- Kızılgöç, F., Yıldırım, M., Akıncı, C., & Albayrak, Ö. (2019). Arpada tane verimi ve kalite özellikleri üzerine genotip ve çevrenin etkileşimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 346-353. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.499013>
- Kızılgöç, F., Yıldırım, Ö., Albayrak, M., & Akıncı, C. (2016). Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, 161-169. <https://doi.org/10.21597/jist.2016321851>
- Kilercioğlu, B. (2020). Güney Marmara koşullarında farklı azot dozlarının kavuzsuz arpa çeşidinin (*Hordeum vulgare L. var. nudum hook. f.*) verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kim, T. H., Taylor, F., & Hicks, K. B. (2008). Bioethanol production from barley hull using SAA (soaking in aqueous ammonia) pretreatment. *Bioresource Technology*, 99(13), 5694-5702. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.10.055>
- Koç, A., & Akgün, İ. (2018). Batı Akdeniz'de ICARDA-CIMMYT ekmeçlik buğday genotiplerinin verim ve kalite yönünden karşılaştırılması. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 365, 22-33.
- Korkut, K. Z., Sağlam, N., & Başer, İ. (1993). Ekmeçlik ve makarnalık buğdaylarda verimi etkileyen bazı özellikler üzerine araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 111-118.
- Köse, E. D. Ö., Mut, Z., & Kardeş, M. Y. (2021). Bilecik koşullarında kavuzsuz arpa genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 608-615.
- Kün, E. (1996). Tahıllar 1 (Serin İklim Tahılları). 3. Baskı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- McClung, A. M., Cantrell, R. G., Quick, J. S., & Gregory, R. S. (1986). Influence of the Rht1 semidwarf gene on yield, yield components, and grain protein in durum wheat. *Crop Science*, 26(6), 1095-1099. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600060001x>
- Muruza, H., & Çelik, C. (2020). Bazı arpa (*Hordeum vulgare L.*) çeşitlerinin in vitro gaz üretimi, organik madde sindirilebilirliği, besin maddeleri içerikleri ve enerji değerlerinin karşılaştırılması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 133-139. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.673760>
- Oral, E., Kendal, E., & Doğan, Y. (2017). Bazı yazlık arpa (*Hordeum vulgare L.*) genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 31-38. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.82>
- Öktem, A., & Çölkesen, M. (2000). Harran Ovasında yetiştirilen iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) çeşitlerinde verim ve bazı agronomik karakterlerin belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(3-4), 53-64.
- Öngün, B. (2021). *Van Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (Hordeum vulgare L.) Çeşit ve Hatlarının Verim Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Peterson, C. J., Graybosch, R. A., Baenziger, P. S., & Grombacher, A. W. (1992). Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crops Science*, 32, 98-103. <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200010022x>
- Quinde, Z., Ullrich, S. E., & Baik, B. K. (2004). Genotypic variation in color and discoloration potential of barley-based food products. *Cereal Chemistry*, 81(6), 752-758. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.6.752>
- Rachovska, G., & Dimova, D. (2000). Effect of sodium azide and gamma rays on M1 quantitative characteristics of the productivity and their connection with M2 mutation changes in winter common wheat. *Rasteniye" dni Nauki*, 37(7), 413-419.
- Rademacher, W. (2009). Control of Lodging in Intense European Cereal Production. In *Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Plant Growth Regulation Society of America*. (pp. 61-69)
- Rode, L. M., & Beauchemin, K. A. (1995). Utilization of barley based diets for feedlot cattle. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 46, 606-607. <https://doi.org/10.4141/A04-060>
- Sade, B., Topal, A., & Soylu, S. (1999). Konya Sulu Koşullarında Yetiştirilebilecek Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu*. 8-11 Haziran, Konya, 91-96.
- Sarker, A., & Sharma, B. (1989). Effect of mutagenesis on M1 parametres in lentil [*Lens culinaris*]. Lentil Experimental News Service.
- Sırat, A., & Sezer, İ. (2017). Bafra ovasında yetiştirilen bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) çeşitlerinin verim, verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(01), 77-87.
- Sırat, A., & Sezer, İ. (2016). Bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özellikleri üzerine bir araştırma. *Tarla Bükileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-1), 151-157.
- Sönmez, A. C., & Yüksel, S. (2019). İleri kademe arpa (*Hordeum vulgare L.*) genotiplerinin verim ve bazı fizyolojik özelliklerinin Eskişehir koşullarında belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22, 60-68. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.530281>
- Sönmez, A., Olgun, M., Yüksel, S., Belen, S., Yıldırım, Y., Çakmak, M., & Önder, O. (2020). Arpa (*Hordeum vulgare L.*) İslah materyalinin bazı maltlık kalite özellikleri ile bu özellikler arası ilişkilerinin belirlenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(2), 155-161.
- Swanston, J. S., Thomas W. T. B. Keith, R. P., & Middlefell-Williams, J. E. (2017). Variation in grain size and shape in a population of hull-less barley and its influence on yield and quality traits. *Journal of Agricultural Science*, 155, 117-128. <https://doi.org/10.1017/S0021859615001240>
- Şentürk, Ş., & Akgün, İ. (2014). Bazı tritikale genotiplerinin Batı Geçit Bölgesinde verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 16-26.

- Taş, B., & Yürür, N. (2002). Bursa ekolojik koşullarında bazı yabancı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare distichon*) çeşitlerinin kimi verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 117-127.
- Whitman, C. E., Hatfield, J. L., & Reginato, R. J. (1985). Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley. *Agronomy Journal*, 77(5), 663-669.
- Yağdı, K., & Ekingen, H. R. (1995). Beş ekmeklik buğday çeşidinin diallel melez döllerinde bazı agronomik özelliklerinin kalıtımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11, 81-93.
- Yılkan, Y., Öztürkci, Y. Ö., Arpalı, D., & Akkol, S. (2020). Van ekolojik koşullarında iki sıralı arpa çeşitlerinde fenolojik dönemler, tane verimi ve bazı verim bileşenleri arasındaki ilişkiler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(4), 751-760. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.746577>
- Yüksel, S., İkincikarakaya, S. Ü., Akçura, M., Bolat, N., Çakmak, M., Belen, S., Karaduman, Y., & Şentürk, Ş. (2011). Bazı kavuzsuz arpa (*Hordeum vulgare* L. Var. nudum) hatlarının kuru şartlarda yazlık ve kışlık olarak adaptasyonlarının belirlenmesi. *IX. Tarla Bitkileri Kongresi*, Bursa, 50-56.
- Yüksel, S., İkincikarakaya, S. Ü., Cevat Sönmez, A., Belen, S., & Yıldırım, Y. (2017). Eskişehir ekolojik koşullarında bazı arpa hat ve çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 252-257. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349240>.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çıkış Gün Sayısı Üzerine Etkili Bazı Faktörler ve Bu Faktörler ile Çıkış Gün Sayısı Arasındaki İlişkiler

Çetin SAYILĞAN^{1*}, Burhan KARA², Mehmet KOCATÜRK¹, Mehmet PAMUKCU¹, Filiz AKIN¹, Mehmet AYDOĞDU³

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü – Antalya-Türkiye

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

³Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Koruma Bölümü – Antalya-Türkiye

*Sorumlu yazar: cetin.sayilgan@tarimorman.gov.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 05/08/2022

Kabul tarihi: 21/10/2022

Anahtar Kelimeler: Çıkış gün sayısı, Günlük toplam yağış, Toprak sıcaklığı, Toprak nem içeriği, Yerel çeşit

DOI: 10.55979/tjse.1156554

ÖZET

Çıkış gün sayısı, çoğunlukla yetiştiricilik uygulamaları, toprak, iklim ve bitki yapısı ile ilgili olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışmada nohut çıkış gün sayısı üzerine etkili faktörler ve bu faktörler ile çıkış gün sayısı arasındaki ilişkileri belirlemek amaçlanmıştır. Türkiye sahil ve geçit kuşağı üretim sahasından örneklenmiş 126 nohut yerel çeşidi ve 3 kontrol çeşit materyal olarak kullanılmıştır. Korelasyon analizi sonucu çıkış gün sayısı ile toprak nem içeriği arasında olumsuz ($r = -0.1876$) önemli ilişki ($p < 0.05$), çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı arasında olumsuz ($r = -0.4088$) ve günlük toplam yağış miktarı arasında olumlu ($r = 0.3961$) çok önemli ($p < 0.01$) ilişkiler belirlenmiştir. Çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı ($\text{Çıkış gün sayısı (gün)} = 34.381268 - 1.0377124 * \text{Toprak sıcaklığı}$), toprak nem içeriği ($\text{Çıkış gün sayısı (gün)} = 17.902857 - 0.7112605 * \text{Toprak nem içeriği}$) ve günlük toplam yağış miktarı ($\text{Çıkış gün sayısı (gün)} = 15.34083 + 0.1943364 * \text{Toprak nem içeriği}$) arasında ki doğrusal bağıntılar ve modelleme sonucu tahminler belirlenmiştir.

Some Factors Affecting The Number of Days to Emerge and The Relationship Between These Factors and The Number of Days to Emerge of Chickpea (*Cicer arietinum* L.)

ARTICLE INFO

Received: 05/08/2022

Accepted: 21/10/2022

Keywords: The number of emerge days, Total daily precipitation, Soil temperature, Soil moisture content, Landraces

DOI: 10.55979/tjse.1156554

ABSTRACT

The number of days to emerge mostly varies in relation to cultivation practices, soil, climate, and plant structure. In this study, it was aimed to determine the factors affecting the number of days of emergence of chickpeas and the relations between these factors and the number of days to emergence. 126 local chickpea cultivars and 3 control cultivars sampled from Turkey's coastal and crossing zone production area were used as material. As a result of the correlation analysis, a negative ($r = -0.1876$) significant relationship was determined between the number of emergence days and the soil moisture content. While negative ($r = -0.4088$) and very important relationship was determined between the number of emergence days and soil temperature, positive ($r = 0.3961$) and very important relationships were determined between the number of emergence days, and total amount of precipitation per day. Linear relations between the number of emergence days and soil temperature, soil moisture content and total daily precipitation ($\text{The number of emergence days} = 34.381268 - 1.0377124 * \text{Soil temperature}$, the number of emergence days = $17.902857 - 0.7112605 * \text{Soil moisture content}$ and the number of emergence days = $15.34083 + 0.1943364 * \text{Total precipitation}$) was determined and the expected emergence days was estimated as a result of modeling.

1. Giriş

Küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma kaynaklı değişimlerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri (Ulukan, 2021) ve iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışı tüm şiddeti ile devam etmektedir (Sayılğan, 2016). Ortam sıcaklığı artışı ile beraber ekim sezonlarında mevsimsel kaymalar gözlemlenmektedir. Küresel ısınma nedeni ile kuzey yarım kürenin orta ve yüksek enlemlerinde bahar mevsiminin erken geldiği bilinmekte (Peñuelas & Filella, 2001; Walther vd., 2002; Craufurd & Wheeler, 2009), yazların daha uzun ve kurak geçtiği gözlemlenmektedir. İklim değişikliği kaynaklı etkiler başta olmak üzere, dünyanın birçok yerinde düzensiz ve vahşi sulama sonucu oluşan sulama suyu problemleri nedeni ile birçok havzada kuru tarıma geçilmek zorunda kalınmıştır. Afrika kıtasında Fas'ta (Lauter vd., 1981; Singleton, 1984) ve Türkiye'de İç Anadolu Bölgesinde bunun en görünür örneklerine

rastlamak mümkündür. Birçok sıcak iklim bitkisinde sulama suyu ihtiyacı ve sulama problemleri nedeni ile daralan alanlarda baklagil ve özellikle nohut ekim alanlarında artış yaşanmaktadır. Sulama suyu problemi nedeni kuraklık, kuzey yarım kürede orta kuşak üretim sahalarında nohut ekimlerini kışlık ekim olarak ya da kıştan kalan potansiyel yağışlardan faydalanarak erken ilkbahar ekimi ile yetiştirmeye zorlamaktadır.

Nohut bitkisinin kuraklık, tuzluluk, pH problemleri araziler ve yüksek sıcaklık etkisindeki alanlarda yayılış göstermesi, bitkinin bu alanlara üstün uyum yeteneği ile ilgilidir. Artan verim oranları birçok bitkide potansiyel seviyeye ulaşmış ya da yakın durumdadır. Ancak nohutta bu durumdan bahsetmek için çok erkendir. Hem bitki potansiyel verimlerine ulaşılmamış hem de agronomik müdahaleler ile verimi önemli derecede artırmak mümkündür. Akdeniz havzasında topraktaki potansiyel nem kullanılarak nohut

yetiştiriciliği yapılmaktadır (Toker & Çağırğan, 1996). Toprak nem içeriği ilkbahar ekimleri ile yetiştirilen nohutlar için önemli bir faktördür. Yazlık nohut ekimlerinin topraktaki potansiyel nemin kaçırılmadan uygun toprak sıcaklığının yakalandığı en erken tarihte yapılması, hem verimi artırmakta hem de Akdeniz ikliminde çiçeklenme aşaması ve sonrasında karşılaşılan yüksek sıcaklıkların olumsuz etkilerinden kaçınmak için olumlu etkide bulunmaktadır. Erken ekim yapılan üretim sahalarında en çok karşılaşılan sorunlardan biri homojen çıkışların sağlanamaması sonucu oluşan kayıplardır. Bu nedenle özellikle erken ekim yapılan bölgelerde çıkış gün sayısı üzerine etkili faktörlerin belirlenerek etkilerinin ortaya konması önemlidir. Uygun toprak neminin olduğu ortama ve ekim derinliğinde yapılan ekim, daha homojen çıkışlar ile verim stabilitesini ve verimi artırmaktadır (Summerfield vd., 1990).

Bu çalışmada çıkış gün sayısı üzerine etkileri belirlenmek üzere toprak pH'sı, toprak sıcaklığı, ışık yoğunluğu, toprak nem içeriği, günlük minimum sıcaklık, günlük maksimum sıcaklık ve günlük ortalama sıcaklık verileri incelenerek bu faktörlerin hem çıkış gün sayısı hem de birbirleri ile aralarındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 126 nohut yerel çeşidi ve 3 (Azkan, Çağatay ve Yaşa 05) kontrol çeşit kullanılarak Antalya ili aksu ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Deneme, Augmented deneme deseninde ve 6 blok olarak tesis edilmiştir. Her blok 24 genotipten oluşturulmuştur (21 yerel çeşit ve 3 kontrol). Denemede tohum ekimleri 8 cm derinlikte, 45 cm sıra arası ve 5 m uzunluğunda sıralara 6 Mart 2021 tarihinde mibzerle gerçekleştirilmiştir. Çıkış gün sayısı, ekimden sonra sıralarda %50 çıkışın tamamlandığı gün sayısı olarak belirlenmiştir. Toprak sıcaklığı, ortam ışık yoğunluğu, toprak nem içeriğine ait veriler toprak gözlemlerinde kullanılan iTuin marka elektroto test cihazı ile belirlenmiştir. Elektrot gözlem derinliği 8 cm ve ana gövdeye 3 cm mesafeden toprağa batırılarak alınmıştır. Toprak sıcaklığı °C olarak belirlenmiştir. Toprak ışık yoğunluğu için 1 = çok düşük (LOW+), 2 = düşük (LOW) ve 3 normal (NOR), toprak nem içeriği için ise 1 = çok kuru (DRY+), 2 = kuru (DRY), 3 = normal (NOR) ve 4 = nemli (WET) şeklinde belirlenmiştir. Cihaz ölçümleri her bir sıra için 3 defa tekrar edilerek ortalama alınarak belirlenmiştir. Günlük maksimum, günlük minimum ve günlük ortalama sıcaklık meteorolojik değerlerine ilişkin veriler Aksu-TİGEM şubesi meteoroloji istasyonu verilerinden alınmıştır.

Analizler JUMP istatistik paket programında yapılmıştır. Programa Augmented deneme deseninde tanımlanan verilerde Korelasyon analizi yapılarak aralarında ilişki olan değişkenler belirlenmiştir. Çıkış gün sayısı ile aralarında önemli korelasyon belirlenen değişkenler için doğrusal regresyon analizi yapılarak bu ilişkilere ait doğrusal bağımlılar belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çevresel etkiler uygun olsa bile çıkış gün sürelerindeki farklılık çeşit özelliklerinden kaynaklanabilmektedir. Bu çalışmada sıralardaki çıkışların tamamlandığı gün sayısı 11 ile 25 gün arasında ve ortalama 16 günde gerçekleşmiştir. Çıkış gün sayısı hakkında farklı bildirimler mevcuttur. Ağsakallı & Olgun (1999), 17.8-33.5 gün, Soylu (1999), Ankara'da 12.7-14.3 gün, Biçer & Anlarsal (2004), 24.5-26.8 gün, Yaşar (2010), Güneydoğu Anadolu bölgesi 20.3-22.0 gün, Sayılğan & Kocatürk (2019), Antalya'da 11.4 ile 14.3 gün, Karaköy & Gülcan (2008), Çukurova'da 35.1-36.5 gün, Sönmez & Kumlay (2021), 12.7-15.0 gün, Sözen vd., (2021), Eskişehir'de 15.3-16.6 gün, Erden vd., (2021) Siirt'te 20.3-22.7 gün olarak bildirdiler. Bu çalışmalarda elde edilen farklı çıkış gün sayıları çoğunlukla yetiştiricilik uygulamaları, toprak, iklim ve bitki yapısı ile ilgilidir. Bu durum nohut gibi dar adaptasyon yetenekli çeşitler ile üretimin gerçekleştirildiği bölgeler, hatta her üretim havzasında çıkış gün sayısı ve çıkış gün sayısı üzerine etkili faktörleri belirlemeyi, yetiştiricilik faaliyetlerini buna göre planlamayı zorunlu kılmaktadır. Çünkü tohum ekimi ile başlayan ve nihai hedefin verim olduğu programlı yetiştiricilik sürecinin hasat ile sonuçlanabilmesi için homojen bir çıkış sağlanması gerekmektedir. Çıkış gün sayısı üzerine etkili faktörleri sadece bu çalışmada konu edinen faktörler ile sınırlı tutmamak gerekir. Kullanılan tohumun büyüklüğü, topraktaki nem oranındaki zamansal değişim, toprağın kimyasal yapısı, ekim tarihi, ekim derinliği vb. faktörlerinde çıkış gün sayısı üzerine etkisinin olabileceği gözden kaçırılmamalıdır.

Çıkış gün sayısı üzerine etkili toprak pH'sı bir toprak fiziksel özelliğidir. Nohutta yüksek verim için 6.0-9.0 arasındaki toprak pH değerleri uygundur (Şehirli, 1988). Nohut yetiştiriciliğinde pH'nın özellikle çıkış gün sayısı üzerinde etkisinin olduğu ve bu etkinin çıkış öncesi herbisit kullanımı ile arttığı bilinmektedir. En dayanıklı nohut genotiplerinde bile artan pH değerleri yapraklarda kurumayı artırmakta, bitki boyu, sürgün ve kök kuru ağırlığında azalmalara neden olmaktadır (Maatallah vd., 2002; Datta vd., 2008). Ekim dönemindeki toprak sıcaklığı da çıkış gün sayısını etkilemektedir. Şehirli, (1988) nohut tohumlarının 15-30 °C arasındaki sıcaklıklarda çimlendiğini, optimum çimlenme sıcaklığının ise 20 °C olduğunu, karanlık ve düşük sıcaklıkların dallanmayı artırdığını bildirmiştir. Van Der Maesen (1972), vejetatif gelişimin erken dönemlerinde optimum sıcaklık isteğini gece 21-29 °C, gündüz 24-32 °C ve sonraki gelişme dönemlerinde gece 18-21°C, gündüz 26-29 °C arasında bildirmiştir. Auld vd. (1988), Nohut tanesinde en yüksek çimlenmenin 20 °C'de olduğu ve 7 günlük sürede 5 °C toprak sıcaklığında gerçekleşen çimlenmenin, 20 °C toprak sıcaklığında gerçekleşen çimlenmenin yarısından çok daha az olduğu, serin iklime sahip bölgelerde yetiştirilen nohutların, optimum tohum verimini sağlamak için ortalama toprak sıcaklıklarının 13 °C'yi aştığı erken ilkbaharda ekilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Toprağın biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçlerin optimum olarak gerçekleşmesi, verimliliğin artırılması ve tahmini toprak sıcaklığının değişimiyle ilişkilidir. Toprak yüzeyinde ve alt

katmanlarda sıcaklık dalgalarının oluşumu, yüzey ısı akışının değişimine bağlıdır (Gülser vd., 2019). Nohut ekim alanındaki ışık yoğunluğu ve hava nemi bulutlulukla ilişkilidir. Şehirli (1988)'ye göre, ışık miktarı ve hava nemi, çiçeklenme ve meyve bağlama üzerine birlikte etkide bulunmakta, yüksek ortam nemi ve yüksek sıcaklık çiçeklenmeyi geciktirmektedir.

İncelenen özellikler arasındaki korelasyonlara bakıldığında, ışık yoğunluğu ile toprak sıcaklığı arasında olumlu önemli korelasyon, ışık yoğunluğu arttıkça toprak sıcaklığının da arttığına işaret etmektedir. Bu beklenen bir durumdur. Açık ve güneşli bir havada ışık yoğunluğu artacak ve buna bağlı olarak artan bir toprak sıcaklığı söz konusu olacaktır. Toprak nem içeriği ile toprak pH'sı arasında çok önemli, toprak nem içeriği ile ışık yoğunluğu arasında önemli korelasyon mevcuttur. Toprak nem içeriği arttıkça toprak pH'sının da artış göstermesi aynı ortamda iki gözlem için normal görülebilir. Ancak toprak nem içeriği ile ortam ışık yoğunluğu arasındaki önemli ilişki rakamsal bir rastlantı olarak algılanabilir. Çünkü beklenen, açık ve ışıqlanma yoğunluğu fazla bir ortamda toprak nem içeriğinin artması değil azalmasıdır. Çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı arasında olumsuz ve çok önemli bir korelasyon mevcuttur. Çıkış zamanında ilk alınan en düşük toprak sıcaklığı 16 °C ve en son çıkışın tamamlandığı sıradaki toprak sıcaklığı 21 °C olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada ekim optimum çimlenme için ihtiyaç duyulan

toprak sıcaklığında yapıldığı için toprak sıcaklığı ile çıkış gün sayısı arasındaki olumsuz ve çok önemli ilişkinin oluşması normaldir. Ekim sonrasında ki yağışsız ve sıcak sezon bunda etkili olmuştur. Çıkış gün sayısı ile toprak nem içeriği arasında beklediği gibi olumlu önemli bir korelasyon belirlenmiştir. Buradaki toprak nemi ekim öncesinde toprakta bulunan nemle ilgilidir ve ekim sonrasında yirminci güne kadar etkili yağış olmamıştır. Toprakta yeterli düzeyde nem bulunduğu ya da tohum yatağında uygun nem olan sıralarda çıkış daha erken tamamlanmıştır. Günlük maksimum sıcaklık ile toprak pH'sı arasında olumsuz ve önemli korelasyon belirlenmiştir. Günlük minimum ve günlük ortalama sıcaklık değerleri ile toprak pH'sı arasında da benzer şekilde ancak olumsuz önemsiz korelasyon söz konusudur. Ortam sıcaklığı ile toprak pH'sı arasında ki ilişki ortam sıcaklık değeri arttıkça toprak pH'sının düştüğü ve ortam sıcaklığı azaldıkça da toprak pH'sının değerinin arttığı şeklinde yorumlanabilir. Toprak sıcaklığı ile toprak pH'sı arasında olumlu ve önemsiz bir ilişki olduğu da gözden kaçırılmamalıdır. Günlük maksimum sıcaklık ile toprak nem içeriği arasında olumsuz önemli bir korelasyon söz konusudur. Benzer olumsuz ve önemli ilişki günlük ortalama sıcaklık ile toprak nem içeriği içinde söz konusudur. Ortam sıcaklık artışının toprak nem içeriğinin azalmasına neden olması beklenebilir. Günlük minimum sıcaklık ile ışık yoğunluğu arasında olumlu ve önemli ilişkide beklenen doğrultuda gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İncelenen özellikler arası korelasyonlar ve önemlilik durumu
Table 1. Correlations and significance levels among the examined features

	pH	Toprak sıcaklığı	Işık yoğunluğu	Toprak nem içeriği	Çıkış gün sayısı (gün)	Günlük minimum sıcaklık (°C)	Günlük maksimum sıcaklık (°C)	Günlük ortalama sıcaklık (°C)
Toprak sıcaklığı	0.0531 ^{öd}							
Işık yoğunluğu	0.1054 ^{öd}	0.1950*						
Toprak nem içeriği	0.4315**	-0.0384 ^{öd}	0.1650*					
Çıkış gün sayısı (gün)	-0.0283 ^{öd}	-0.4088**	-0.1210 ^{öd}	-0.1876*				
Günlük minimum sıcaklık (°C)	-0.1661*	-0.0752 ^{öd}	-0.1399 ^{öd}	-0.2492*	-0.0540 ^{öd}			
Günlük maksimum sıcaklık (°C)	-0.0228 ^{öd}	0.1094 ^{öd}	0.2226*	-0.0785 ^{öd}	0.0115 ^{öd}	0.1081 ^{öd}		
Günlük ortalama sıcaklık (°C)	-0.0783 ^{öd}	0.0593 ^{öd}	0.0417 ^{öd}	-0.1715*	-0.1553 ^{öd}	0.7086**	0.7308**	
Toplam yağış (mm)	-0.0416 ^{öd}	-0.3732**	-0.3187**	-0.2269*	0.3961**	0.5148**	-0.4645**	-0.0049 ^{öd}

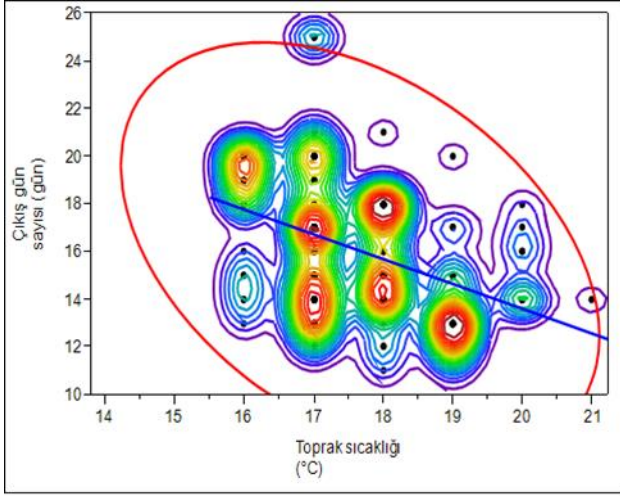
*: p<0.05 düzeyinde önemli ilişki. **: p<0.01 düzeyinde önemli ilişki. ^{öd}: önemli ilişki yok

Toplam yağış miktarı ile toprak sıcaklığı, ışık yoğunluğu ve günlük minimum sıcaklık arasında olumsuz çok önemli korelasyon, toprak nem içeriği ile olumsuz ve önemli bir korelasyon söz konusudur. Toplam yağış miktarı ile çıkış gün sayı ve günlük maksimum sıcaklık arasında olumlu çok önemli bir korelasyon söz konusudur. Toplam yağış miktarı ile ışık yoğunluğu arasındaki olumsuz ilişki beklenen doğrultuda görünmemektedir. Hâlbuki toplam yağış artışı ile toprak neminde de artış beklenir.

Yapılan regresyon analizinde yukarıda çıkış gün sayısı ile ilgili olarak belirlenen korelasyonlar içerisinde toprak sıcaklığı, toprak nem içeriği ve toplam yağış değişkenlerinde göz ardı edilemeyecek önemlilikte ilişki olduğu belirlenmiştir. Çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı arasındaki olumsuz ve önemli ilişkiyi gösteren doğrusal

regresyon grafiği, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk artışı Şekil 1'de verilmiştir.

Optimum bitki çıkışı 17 °C'de gerçekleşmiştir. Çıkış gün sayısının maksimum düzeyde gerçekleştiği sıcaklık aralığı 16.5-17.5 °C'dir. Toprak sıcaklığına bağlı doğrusal regresyon incelendiğinde toprak sıcaklığı artışı ile bitki çıkışı arasında olumsuz ve çok önemli ilişki ($r = -0.4088$), regresyon analizinde de olumsuz ve önemli olarak belirlenmiştir. Çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı arasındaki doğrusal bağıntı "Çıkış gün sayısı (gün) = 34.381268 - 1.0377124*Toprak sıcaklığı" olarak belirlenmiştir. Toprak sıcaklığının, çıkış gün sayısı ile doğrudan ilişkili olduğu toprak sıcaklığının 17.5 °C üzerine çıktığında çıkışların azaldığı, 19 °C ve üzeri toprak sıcaklıklarında bu olumsuz etkinin daha şiddetli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Çıkış gün sayısının toprak sıcaklığına göre doğrusal değişimi, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk durumu

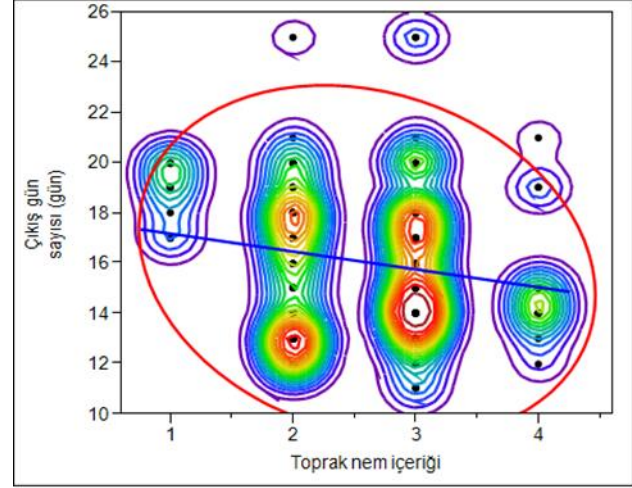
Figure 1. Linear variation of the number of days of emergence with respect to soil temperature 95% probability area and density of emergences

Çıkış gün sayısının, toprak nem içeriğine göre değişiminin doğrusal regresyon, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk artışı Şekil 2’de verilmiştir. Ekim yatağında yeterince nemin bulunduğu deneme alanında, çıkışlar ile beraber toprak nem içeriği, çok kuru (1) kuru (2), normal (3) ve nemli (4) olmak üzere dört düzey olarak tespit edilmiştir. Çok kuru ve nemli düzeylerin çıkış gün sayısına etkileri oldukça yüksektir. Normal nem içerikli toprak ve kuru toprak düzeylerinde optimum çıkışlar sağlanmıştır. Korelasyon analizi ile aralarında olumsuz ve önemli ilişki belirlenen çıkış gün sayısı ve toprak nem içeriği arasındaki olumsuz ve önemli ($r = -0.1876$) ilişki regresyon analizi sonucunda da önemli çıkmıştır. Regresyon analizinde çıkış gün sayısı ile toprak sıcaklığı arasındaki bu olumsuz ilişki bağıntısı “Çıkış gün sayısı (gün) = $17.902857 - 0.7112605 * \text{Toprak nem içeriği}$ ” olarak belirlenmiştir. Uygun toprak nem içeriği yeterli olan tohum yatağına ekilen sıralarda bile çıkış aşamasında, toprağın çok kuru hale gelmesi ya da nem düzeyi yüksekliği ile ilgili olumsuzluklar yaşanabileceği gözlemlenmiştir. Nohut için yeterli toprak neminde ekim yapılması oldukça önemli bir faktördür. Analiz sonuçları toprak nem içeriğinin azalması ya da aşırı artmasının, çıkışları olumsuz etkileyeceğine işaret etmektedir.

Çıkış gün sayısının, günlük toplam yağışa göre değişiminin doğrusal regresyon, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk artışı Şekil 3’te verilmiştir.

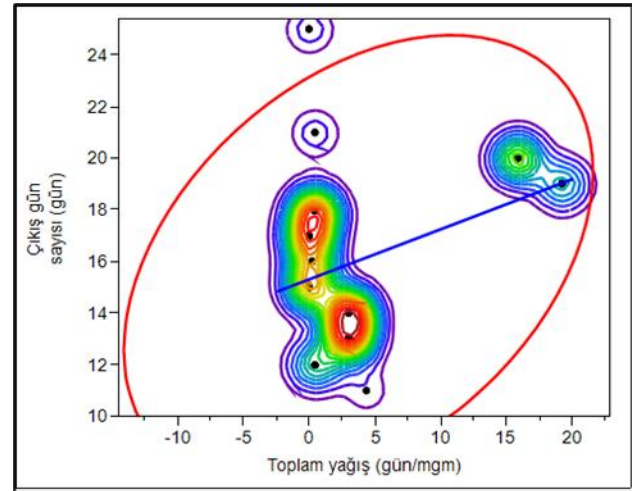
Toplam yağışın, çıkış gün sayısı üzerine etkisi korelasyon analizinde olumlu ve çok önemli (0.3961) olarak belirlenmiştir. Doğrusal regresyon analizinde de çıkış gün sayısı ile toplam yağış miktarı arasında benzer şekilde olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Uygun nem ortamına ekilen sıralardaki çıkış gün sayısı toprakta bulunan nem ile gerçekleşmiş, en son 20 mm kadar etkili yağış ile beraber son çıkışlarında tamamlandığı gözlemlenmiştir. Çıkış gün sayısı ile toplam yağış arasındaki doğrusal bağıntı “Çıkış gün sayısı (gün) =

$15.34083 + 0.1943364 * \text{Toplam yağış (mm)}$ ” olarak belirlenmiştir. Deneme alanında çıkışların son dönemlerinde kuraklık yaşanmıştır. Çıkış gün sayısının 19’uncu gününde 19.2 mm ve 20’inci gününde 15.8 mm yağış alınmıştır. Bu yağışlardan sonra 21 sırada eksik olan çıkışlarda tamamlanmıştır.



Şekil 2. Çıkış gün sayısının toprak nem içeriğine göre doğrusal değişimi, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk durumu

Figure 2. Linear variation of the number of days of emergence with respect to soil moisture content, 95% probability area and density of emergences



Şekil 3. Çıkış gün sayısının toplam günlük yağışa göre doğrusal değişimi, %95 olasılık alanı ve çıkışın yoğunluk durumu

Figure 3. Linear variation of the number of days of emergence with respect to total daily precipitation, 95% probability area and density of emergences

Bu çalışmada değerlendirilen faktörlerden toprak sıcaklığı, toprak nem içeriği ve toplam yağış değişkenlerinin çıkış gün sayısı üzerinde etkili faktörler olduğu belirlenmiştir. Optimum toprak sıcaklığı 17 °C olarak belirlenirken 16.5-17.5 °C arasındaki toprak sıcaklığında çıkışların maksimum düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Elde edilen doğrusal regresyon modeli sonucu toprak sıcaklığına bağlı beklenen çıkış gün sayısı değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Belirlenen çıkış gün sayıları Sayılğan & Kocaturk’ün (2019), aynı bölge için

Aksu lokasyonunda 2017 yılında belirledikleri en düşük 9 gün ve 2018 yılında Ulucak lokasyonunda belirledikleri en yüksek 20.3 günlük çıkış gün süreleri arasında ve aynı araştırmadaki birleştirilmiş yıl + lokasyon + çeşit ortalamaları olan 11.4-14.3 günlük çıkış sürelerini de içerecek şekilde tahmin edilmiştir.

Toprak nem içeriği 1 = çok kuru (DRY+), 2 = kuru (DRY), 3 = normal (NOR) ve 4 = nemli (WET) şeklinde belirlenmiştir. Bu veriler baz alınarak her bir kuraklık seviyesi için modellenen çıkış gün sayısı Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Toprak sıcaklığına bağlı beklenen çıkış gün sayısı değerleri

Table 2. Values of expected number of emergence days depending on soil temperature

Çıkış gün sayısı (gün) = 34.381268 - 1.0377124*Toprak sıcaklığı				
Katsayı 1	Katsayı 2	Toprak sıcaklığı (°C)	Beklenen çıkış gün sayısı (gün)	Çıkış tamamlanan sıra sayısı
34.381268	1.0377124	16	17.8	21
34.381268	1.0377124	17	16.7	51
34.381268	1.0377124	18	15.7	38
34.381268	1.0377124	19	14.7	25
34.381268	1.0377124	20	13.6	8
34.381268	1.0377124	21	12.6	1

Formüle göre elde edilen beklenen değerler incelendiğinde toprak nem düzeyi arttıkça çıkış gün sayısının azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4). Düzeyler arasındaki çıkış gün sayısı 15.1-17.2 gün arasında tespit edilmiş olması modelle elde edilecek verilerin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Toprak nemine bağlı beklenen çıkış gün sayısı değerleri

Table 3. Values of expected number of emergence days depending on soil moisture

Çıkış gün sayısı (gün) = 17.902857 - 0.7112605*toprak nem içeriği				
Katsayı 1	Katsayı 2	Toprak nem içeriği	Beklenen çıkış gün sayısı (gün)	Çıkış tamamlanan sıra sayısı
17.902857	0.7112605	1	17 Şub.	10
17.902857	0.7112605	2	16 May.	52
17.902857	0.7112605	3	15 Ağu.	68
17.902857	0.7112605	4	15 Oca.	14

4. Sonuç

Nohut tohumlarının yeterli nem ortamına ekilmeleri halinde Batı Akdeniz Bölgesinde bitki çıkışlarının 16 günlük ortalama ile tamamlanabileceği belirlenmiştir. İncelenen özellikler arasındaki korelasyonlara bakıldığında, ışık yoğunluğu arttıkça toprak sıcaklığının da arttığı, toprak nem içeriği arttıkça toprak pH'sının da artış gösterdiği, 16.5-17.5 °C toprak sıcaklığında optimum çıkış sağlandığı, uygun tavadaki toprağa yapılan ekimlerden sonra toprak nem içeriğinin artması nohut çıkış tarihlerini geciktirdiği, günlük maksimum sıcaklık artışının pH değerini azalttığı, günlük maksimum sıcaklık arttıkça toprak nem içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Toprak sıcaklığı, toprak nem içeriği ve günlük toplam yağış miktarlarının çıkış üzerindeki etkilerinin göz ardı

edilemeyecek düzeyde önemli olduğu belirlenmiştir. Batı Akdeniz'de homojen bitki çıkışları için bu üç özellik esas etkileyici faktörler olarak belirlenmiştir. Model formüller ile belirlenen en yüksek bitki çıkışlarının tamamlandığı (51 örnek sırası) toprak sıcaklığı 17 (°C), bitki çıkışları için en uygun toprak nem durumunun 3 (NOR: normal nem/normal tav) (68 örnek sırası) ve en uygun çıkış sağlanan günlük yağış miktarı 0 mm/gün, yani uygun tava ekim de (76 örnek sırası) olduğu tahmin edilmiştir. Hem belirlenen hem de tahmin edilen bitki çıkış gün sayılarının bölgede daha önce yapılmış olan çalışma sonuçları ile uyumlu ve kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Toplam yağışa bağlı beklenen çıkış gün sayısı değerleri

Table 4. Values of expected number of emergence days depending on total daily precipitation

Çıkış gün sayısı (gün) = 15.34083 + 0.1943364*Toplam yağış (mm)				
Katsayı 1	Katsayı 2	Toplam yağış (mm/gün)	Beklenen çıkış gün sayısı (gün)	Çıkış tamamlanan sıra sayısı
1.534083	0.1943364	0	15.3	76
1.534083	0.1943364	1	15.5	
1.534083	0.1943364	2	15.7	
1.534083	0.1943364	3	15.9	44
1.534083	0.1943364	4	16.1	2
1.534083	0.1943364	5	16.3	
1.534083	0.1943364	6	16.5	
1.534083	0.1943364	7	16.7	
1.534083	0.1943364	8	16.9	
1.534083	0.1943364	9	17.1	
1.534083	0.1943364	10	17.3	
1.534083	0.1943364	11	17.5	
1.534083	0.1943364	12	17.7	
1.534083	0.1943364	13	17.9	
1.534083	0.1943364	14	18.1	
1.534083	0.1943364	15	18.3	
1.534083	0.1943364	16	18.5	14
1.534083	0.1943364	17	18.6	
1.534083	0.1943364	18	18.8	
1.534083	0.1943364	19	19	8

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Araştırmanın planlanması ve arazide yürütülmesi Ç. S. tarafından yapılmış, makalenin istatistik analizi ve yazım aşamalarına B. K., M. K., M. P., F. A. ve M. A. katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Ağsakallı, A., & Olgun, M. (1999). Erzurum Şartlarında Nohut Islahı İçin Seleksiyon Kriterlerinin Tespiti. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Çayır-Mer'a Yem Bitkileri ve Yemlik Tane Baklağiller*. 15-18 Kasım, Adana, 324-329.
- Auld, D. L., Bettis, B. L., Crock, J. E., & Kephart, K. D. (1988). Planting date and temperature effects on germination, emergence, and seed yield of chickpea. *Agronomy Journal*, 80(6), 909-914. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000060014x>
- Biçer, B. T. (2004). Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) köy çeşitlerinde bitkisel ve tarımsa özelliklerin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4), 289-396.
- Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2009). Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany*, 60(9), 2529-2539. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp196>
- Datta, A., Sindel, B. M., Kristiansen, P., Jessop, R. S., & Felton, W.L. (2008). The effect of soil pH on chickpea (*Cicer arietinum*) genotype

- sensitivity to isoxaflutole. *Plant and Soil*, 303(1), 49-54. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9430-2>
- Erden, Z., Erman, M., Ölmez, M., & Çöçen, E. (2021). Bazı nohut çeşitlerinin Siirt ili ekolojik koşullarındaki adaptasyonunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 65-72. <https://doi.org/10.29278/azd.777104>
- Gülser, Ç., Ekberli, İ., & Mamedov, A. (2019). Toprak sıcaklığının yüzey ısı akışına bağlı olarak değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 1-9. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.426847>
- Karaköy, T., & Gülcan, H. (2008). Çukurova ve Orta Anadolu Bölgelerinden Toplanan Bazı Yerel Nohut (*Cicer arietinum* L.) Genotiplerinin Verim ve Verimle İlgili Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Lauter, D. J., Munns, D. N., & Clarkin, K. L. (1981). Salt response of chickpea as influenced by N supply. *Agronomy Journal*, 73(6), 961-966. <https://doi.org/10.2134/agronj1981.00021962007300060013x>
- Maâtallah, J., Sanjuan, J., & Lluch, C. (2002). Phenotypic characterization of rhizobia isolated from chickpea (*Cicer arietinum*) growing in Moroccan soils. *Agronomie*, 22(3), 321-329. <https://doi.org/10.1051/agro:2002013>
- Peñuelas, J., & Filella, I. (2001). Responses to a warming world. *Science*, 294(5543), 793-795. <https://doi.org/10.1126/science.1066860>
- Sayılgan, Ç. (2016). Küresel sıcaklık artışının buğdayda beklenen etkileri ve yüksek sıcaklığa toleranslılığın fizyolojik göstergeleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 439-444.
- Sayılgan, Ç. (2020). The relationships between some phenological and morphological properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and the possibilities of using these properties in selection: The western mediterranean region model. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(4), 458-465. <https://doi.org/10.31015/iaefs.2020.4.9>
- Sayılgan, Ç., & Kocatürk, M. (2019). Sahil ve geçit kuşağına uygun tescilli ve yerel nohut çeşitlerinin Batı Akdeniz Bölgesi'nde yazlık ekim verim performanslarının değerlendirilmesi. *Derim*, 36(2), 207-216. <https://doi.org/10.16882/derim.2019.583786>
- Singleton, P. M., & Bohlool, B. B. (1984). Effect of salinity on nodule formation by soybean. *Plant Physiology*, 74, 72-76. <https://doi.org/10.1104/pp.74.1.72>
- Soylu, Ç. (1999). *Nohut (Cicer arietinum L.)'ta Bakteri Aşılama ve Gübrelemenin Bazı Bitki Özelliklerine ve Verime Olan Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sönmez, V., & Kumlay, A. M. (2021). Adıyaman ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarında bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23, 656-665. <https://doi.org/10.31590/ejosat.885187>
- Sözen, Ö., Yağmur, M., & Aydoğan, Y. (2021). Eskişehir ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tarımsal özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 11(1), 35-47.
- Summerfield, R. J., Virmani, S. M., Roberts, E. H., & Ellis, R. H. (1990). Adaptation of chickpea to agroclimatic constraints. In *Chickpea in the Nineties*. (pp.61-72)
- Şehirli, S. (1988). *Yemelik Dane Baklagiller*. Ankara, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları
- Toker, C., & Çağırğan, M. İ. (1996). Kışlık nohut (*Cicer arietinum* L.) ekimi ve ıslah yaklaşımları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 123-137.
- Ulukan, H. (2021). Climate change and global warming effect (s) on wheat landraces: A general approach. In *Wheat landraces*. (pp.169-191) https://doi.org/10.1007/978-3-030-77388-5_9
- Van der Maessen, L. J. G. (1972). *Cicer L., A Monograph of the Genus, with Special Reference to the Chickpea (Cicer arietinum L.), Its Ecology and Cultivation*. (Doctoral dissertation, Wageningen University)
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389-395. <https://doi.org/10.1038/416389a>
- Yaşar, M. (2010). *Dişarbakır Ekolojik Koşullarında Bazı Nohut (Cicer arietinum L.) Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).



Farklı Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Çeşitlerinin Fenolojik, Morfolojik Gelişimleri ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Cuma Nur KILIÇ¹, Adnan YILDIRIM^{1*}, Civan ÇELİK²

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

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: adnanyildirim@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 14/09/2022

Kabul tarihi: 10/11/2022

Anahtar Kelimeler: *Diospyros kaki* L., Trabzon hurması, Fenolojik gözlem, Pomolojik özellikler

DOI: 10.55979/tjse.1175295

ÖZET

Çalışmada Denizli bölgesinde yetiştirilen bazı Trabzon hurması çeşitlerinin fenolojik, morfolojik ve bazı meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çeşitlerin, fenolojik gelişim dönemleri ve ağaç gelişim özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca çeşitler arasındaki pomolojik ve kimyasal özellikler açısından farklılıklar ortaya konulmuştur. Çalışmada bütün çeşitlerin Nisan ayında tomurcuk patlaması evresini gerçekleştirdiği ve Mayıs ayında tam çiçeklenme dönemine ulaştığı tespit edilmiştir. Tam çiçeklenmeden beş ay sonra yani Ekim ayında tüm çeşitler hasat olumuna ulaşmış ve hasat edilmiştir. Ağaç özelliği bakımından Trabzon hurması çeşitlerinden en kuvvetli gelişim gösteren Hana Fuyu çeşidi en düşük ise Fuyu çeşidi olmuştur. Meyve özellikleri bakımından en iri meyvelerin Hachiya çeşidine ait olduğu tespit edilmiştir. Trabzon hurmalarının meyve sularında yapılan analizler sonucunda suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarının %13-20, pH değerinin %5.64-5.9, titre edilebilir asit (TEA) %0.14-0.28 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, fenolojik gelişim dönemleri ve meyve kalitesi bakımından çalışmada belirtilen Trabzon hurması çeşitlerinin tümünün Denizli bölgesinde yetiştiriciliğe uygun olduğu belirlenmiştir.

Determination of Phenological, Morphological Developments and Pomological Characteristics of Different Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Cultivars

ARTICLE INFO

Received: 14/09/2022

Accepted: 10/11/2022

Keywords: *Diospyros kaki* L., Trabzon persimmon, Phenological observation, Pomological properties

DOI: 10.55979/tjse.1175295

ABSTRACT

This study aimed to determine the phenological developments and fruit quality characteristics of some persimmon cultivars grown in the Denizli province. For this purpose, phenological developmental periods and tree development characteristics were determined. In addition to these, differences in terms of pomological and chemical properties between cultivars were revealed. In the study, it was determined that all cultivars performed the bud burst stage in April and reached the full flowering period in May. Five months after full bloom, that is, in October, all cultivars were harvested. In terms of tree characteristics, the Hana Fuyu cultivar, showed the strongest growth among persimmon cultivars, whereas it was the lowest for Fuyu cultivar. In terms of fruit characteristics, Hachiya cultivar had the largest fruits. As a result of the analyzes made in the fruit juices of persimmons, it was determined that the amount of total soluble solid (TSS) varied between 13-20%, the pH value varied between 5.64-5.9%, and titrable acidity (TA) between 0.14-0.28%. As a result, it was determined that all of the persimmon cultivars specified in the study were suitable for cultivation in the Denizli province in terms of flower formation, phenological development periods, and fruit quality.

1. Giriş

Türkiye'nin coğrafyası ve ekolojisi, ülkenin hemen her yöresinde birçok alanda meyve yetiştiriciliği yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sebeple Türkiye'de tüm ılıman iklim meyveleri ve bazı subtropik meyve türleri sürdürülebilir ve ekonomik olarak yetiştirilebilmektedir (Kaşka, 2003). Anadolu, dünyada yetiştirilen birçok meyve türünün gen merkezi durumunda olup, aynı zamanda meyve tür ve çeşidi bakımından da oldukça zengin konumdadır (Yarılgaç & Yıldız, 2001). Trabzon hurması olarak bilinen *Diospyros kaki* L. bu meyve türlerinden biridir (Onur, 1990). Ülkemizin Trabzon hurması yetiştiriciliğine uygun olduğu, ilk olarak 1984 yılında yapılan bir seleksiyon çalışması ile belirlenmiştir (Onur & Taşdemir, 1987). Sonrasında Toplu vd. (2009), on Trabzon hurması çeşidinden (Eylül, Amankaki, Fuyu, Hana Fuyu, Hachiya, Jiro, Harbiye, O'Gosho, Kaki Tipo, ve Vainiglia)

dördünün (Jiro, Vainiglia, Fuyu ve Amankaki) Hatay koşullarında ekonomik anlamda üreticiliğinin yapılabileceğini tespit etmişlerdir.

Dünyada doğal besinlerle beslenmeye yönelim dikkati çekmektedir. Bu nedenle antikanserijen ve antioksidan özelliğe sahip, lifli, düşük kalorili, kolesterolü artırmayan ve yüksek C vitamini yanında mineral madde yönünden zengin olan Trabzon hurması gibi meyve türlerine talebin arttığı ve sıklıkla tüketildiği bildirilmiştir (Demircan & Velioglu, 2021). Nitekim Uddin vd. (2014), *D. kaki* L. meyvesinin C vitamini, antioksidan ve fenolik bileşikler açısından çok zengin dolayısıyla sağlık açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır. Yine benzer şekilde Butt vd. (2015), Trabzon hurmasının proantosyanidin, karotenoidler, tanenler, flavonoidler, antosyanidin ve kateşinler gibi bazı biyoaktif moleküller yönünden oldukça zengin olduğunu dolayısıyla oksidatif stres nedeniyle

oluşabilen hasarları tedavi etmeye ve bağışıklık sistemini güçlendirdiğine yönelik bilgiler ortaya koymuşlardır.

Ülkemizde özellikle de Ege Bölgesinde Trabzon hurması üretiminin önemli düzeyde arttığı ve Denizli bölgesinde yeni Trabzon hurması bahçelerinin tesis edildiği görülmektedir. Denizli ilinin son on yıllık Trabzon hurması yetiştiriciliği incelendiğinde 2012-2021 yılları arasında tesis edilen bahçe sayısının kayda değer şekilde arttığı (%66 oranında) yine ülkemizde 2021 yılında 77 131 ton Trabzon hurması üretiminin gerçekleştiği ve Denizli ilinin 4 365 ton ile altıncı sırada yer aldığı dikkati çekmiştir (TÜİK, 2021).

Gerek taze gerekse kurutulmuş olarak tüketilen ve sağlık açısından öneminin çokça vurgulandığı bu meyve türü ile ilgili günümüzde birçok çalışma bulunmaktadır (Sağır, 2013; Tülek & Demiray, 2014; Baltacıoğlu vd., 2020; Yesiloglu & Cimen, 2021; Direito vd., 2021; Matheus vd., 2022). Ancak Denizli bölgesi özelinde, Trabzon hurmasına yönelik çalışmaların yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada Denizli bölgesinde yetiştirilen bazı Trabzon hurması çeşitlerinin fenolojik gelişimleri ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitkisel materyal

Çalışmada kullanılan 'Fuyu', 'Hachiya', 'Hana' 'Fuyu' ve 'Rojo Brillante' çeşitlerine ait meyve örnekleri, Denizli Honaz ilçesinde 5 yaşındaki ağaçlardan oluşan ticari bir bahçeden temin edilmiştir. Çeşit özelliği bakımından Fuyu ve Hana Fuyu çeşitlerinin tadı buruk değilken Hachiya ve Rojo Brillante çeşitleri buruk tada sahiptir. Çalışmada her çeşitten üç ağaç ve her ağaçtan on meyve olacak şekilde pomolojik ve biyokimyasal analizler yürütülmüştür.

2.2. Metot

2.2.1. Fenolojik ve morfolojik gözlemler

Çalışmada fenolojik özellik olarak tomurcuk patlaması (tomurcuk örtülerinin açıldığı ve tomurcuk uçlarından yeşil yaprak uçlarının görüldüğü devre), çiçeklenme başlangıcı (çiçek tomurcuklarından ilk çiçeklerin görüldüğü dönem), tam çiçeklenme (çiçek tomurcuklarının %70-80 oranında çiçek açtığı dönem), çiçeklenme sonu (taç yaprakların dökülmeye başladığı ve bir kısmının dökülmüş olduğu dönem), hasat başlangıcı (ticari hasat dönemi) morfolojik özellik olarak ise taç yüksekliği (m), taç genişliği (m), ağacın gövde çapı (cm) ve ağacın gövdesinde yer alan ana dal sayısı (adet) incelenmiştir.

2.2.2. Pomolojik ölçümler

Trabzon hurması çeşitlerinin meyve eni (mm), meyve boyu (mm), ortalama meyve ağırlığı (g), meyve eti sertliği (lb), Öztürk, (2012) ve Butar (2013)'ın, belirttiği yöntemlere göre belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada meyve kabuk rengi CIE L*, a* ve b* renk skalalarına göre belirlenmiştir. Bu skalaya göre L* parlaklık, a* kırmızılık-yeşillik ve b*

sarılık-mavilik renklerini ifade etmektedir (Mc Guire, 1992).

2.2.3. Kimyasal analizler

2.2.3.1. Suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı (SÇKM %)

Toplanan meyveler yıkandıktan sonra soyulup meyve suları sıkılmış ve dijital refraktometre ile meyve sularındaki suda çözünebilir toplam kuru madde miktarı yüzde olarak belirlenmiştir (Öztürk, 2012; Butar, 2013).

2.2.3.2. Meyve suyunun pH'sı

Toplanan meyveler yıkandıktan sonra soyulup meyve suları sıkılmış ve pH'sı dijital pH metre yardımıyla ölçülmüştür (Öztürk, 2012; Butar, 2013).

2.2.3.3. Meyve suyunda titre edilebilir asit miktarının belirlenmesi (g/100ml)

Meyve suları sıkıldıktan sonra tortularından ayrılıp 10ml alınmış ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışımın pH'sı 8.1 oluncaya kadar 1N NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı esas alınarak % olarak malik asit cinsinden hesaplanmıştır (Öztürk, 2012).

2.2.3.4. Toplam kuru madde tayini

Toplam kuru madde tayini, Horwitz (1975)'da belirtilen yöntemle göre vakumlu etüv kullanılarak, örneklerin 65 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmesi ilkesine göre gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.5. Verilerin değerlendirilmesi

Elde edilen veriler MINITAB paket programı kullanılarak ANOVA varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılık TUKEY çoklu karşılaştırma testine ($p \leq 0.05$) göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Fenolojik gözlemler (Çizelge 1) sonucunda ilk tomurcuk patlamasının 09.04.2021 tarihinde Hana Fuyu ve Fuyu çeşitlerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Hachiya ve Rojo Brillante çeşitlerinin tomurcuklarının Hana Fuyu ve Fuyu çeşitlerinden sırasıyla iki (11.04.2021) ve üç gün (12.04.2021) sonra patladığı tespit edilmiştir. Hachiya çeşidi Hana Fuyu ve Fuyu çeşitlerinden daha geç tarihte tomurcuk patlaması gerçekleşse de çiçeklenme başlangıcı Fuyu ile aynı tarihte (05.05.2021), Hana Fuyu ve Rojo Brillante çeşitlerinden ise daha erken gerçekleşmiştir (sırasıyla, 07.05.2021-08.05.2021). En erken tam çiçeklenme dönemi Hana Fuyu çeşidi (10.05.2021), en geç ise Rojo Brillante çeşidinde (12.05.2021) gerçekleşmiştir. Hana Fuyu ve Fuyu çeşitlerinin çiçeklenme sonu dönemleri aynı tarihe denk gelirken, Hachiya ve Rojo Brillante çeşitlerinin sırasıyla bir ve iki gün sonra çiçeklenme sonuna geldiği belirlenmiştir. Fenolojik gelişim dönemlerinde çeşitler arasında birkaç gün fark olsa da tüm çeşitler aynı tarihte hasat edilmişlerdir.

Çizelge 1. Çeşitlere ait bazı fenolojik özellikler
Table 1. Some phenological properties of cultivars

Çeşit	Tomurcuk Patlaması	Çiçeklenme Başlangıcı	Tam Çiçeklenme	Çiçeklenme Sonu	Hasat Başlangıcı
Hachiya	11.04.2021	05.05.2021	11.05.2021	19.05.2021	11.10.2021
Rojo Brillante	12.04.2021	08.05.2021	12.05.2021	18.05.2021	11.10.2021
Hana Fuyu	09.04.2021	07.05.2021	10.05.2021	17.05.2021	11.10.2021
Fuyu	09.04.2021	05.05.2021	11.05.2021	17.05.2021	11.10.2021

Trabzon hurması çeşitlerinden en kuvvetli taç gelişim Hana Fuyu çeşidinde belirlenirken, en zayıf taç gelişimi Fuyu çeşidinde belirlenmiştir. Çeşitlerin taç yükseklikleri 104 cm ile 302 cm, taç genişliği 203 cm ile 58 cm, gövde çapı 14 cm ile 31 cm arasında değişim göstermiştir.

Ortalama ana dal sayısı en yüksek Hanna Fuyu çeşidinde (7.8 adet) belirlenirken, en düşük ortalama ana dal sayısı Rojo Brillante çeşidinde (2.6 adet) tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çeşitlere ait bazı morfolojik özellikler
Table 2. Some morphological properties of cultivars

Çeşit	Taç Yüksekliği (cm)	Taç Genişliği (cm)	Gövde Çapı (cm)	Ana Dal Sayısı (adet)
Hachiya	244.90±23.10 ab	177.04±19.06 ab	21.60±1.817 b	4.80±0.84
Rojo Brillante	176.74±14.33 bc	122.10±11.79 bc	17.40±2.41 bc	2.60±0.55
Hana Fuyu	302.00±78.20 a	203.40±66.6 a	31.40±4.83 a	7.80±0.84
Fuyu	104.24±4.87 c	58.40±3.61 c	14.60±0.89 c	3.20±0.84

Trabzon hurmalarında gerçekleştirilen pomolojik analiz sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur. Buna göre meyve ağırlığının 216 g ile 98 g arasında değiştiği ve en iri meyvelerin Hachiya çeşidine ait olduğu tespit edilmiştir. Meyve eninin 72 mm ile 60 mm arasında değiştiği ve benzer şekilde en yüksek meyve enine sahip çeşidin Hachiya çeşidi olduğu saptanmıştır. Meyve boyu 72 mm ile 43 mm arasında değişmiş ve en uzun meyvelerin Rojo Brillante çeşidine ait olduğu belirlenmiştir. Meyve hacmi

açısından en düşük değerlere sahip olmasına karşın meyve eti sertliği en yüksek olan çeşidin Fuyu çeşidi olduğu saptanmıştır. Kurutma öncesi ağırlıkları kaydedilen tüm meyvelerin etülden çıkartıldıktan sonra tekrar ağırlıkları ölçülmüş ve kuru madde miktarları tespit edilmiştir. Hana Fuyu çeşidinin kurutma sonra %54 oranında su kaybettiği ve en fazla su içeren çeşit olduğu saptanmıştır. En az su kaybeden çeşidin ise Rojo Brillante (%39) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Çeşitlerin meyve fiziksel özellikleri
Table 3. Fruit physical characteristics of cultivars

Çeşit	Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Meyve Eti Sertliği (N)	Kuru Ağırlık (%)
Hachiya	216.09±10.75 a	72.67±1.61 a	70.17±2.60 a	15.23±1.58 b	44.67±1.49
Rojo Brillante	173.22±1.83 b	63.83±0.15 bc	72.17±1.19 a	13.28±1.13 b	39.07±3.57
Hana Fuyu	144.10±21.2 b	67.95±3.57 ab	53.87±2.48 b	9.387±0.39 c	54.60±19.50
Fuyu	98.39±1.12 c	60.19±0.39 c	43.73±0.46 c	18.78±1.43 a	50.34±4.53

Trabzon hurmalarının meyve sularında yapılan analizler sonucunda SÇKM miktarının %13-20, pH değerinin %5.64-5.9, TEA %.0.14-0.28 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek SÇKM miktarı Fuyu (%20.63) en düşük ise Hana Fuyu (%13.00) çeşidinden elde edilmiştir.

L* değeri açısından çeşitler arasında istatistiksel anlamda fark çıkmazken en yüksek a* değeri Rojo Brillante (22.97) çeşidinde olduğu saptanmıştır. En yüksek b* değeri ise Hana Fuyu çeşidinde (70.34) belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Çeşitlerin biyokimyasal özellikleri ve renk değerleri
Table 4. Biochemical characteristics of cultivars

Çeşit	SÇKM (%)	pH (%)	TEA (%)	L	a	b
Hachiya	18.05±0.99b	5.82±0.06ab	0.28±0.08	66.60±0.96	6.25±1.13b	66.10±2.64 ab
Rojo Brillante	19.00±0.89ab	5.68±0.09b	0.28±0.14	65.62±1.91	22.97±1.98a	61.89±2.96 b
Hana Fuyu	13.00±0.40c	5.90±0.04a	0.14±0.01	66.76±1.94	21.39±1.48a	70.34±2.10 a
Fuyu	20.63±1.17a	5.64±0.09b	0.21±0.07	64.00±0.75	20.32±0.39a	64.38±1.52 ab

Karadeniz & Cangi (2004), Morali Trabzon hurması çeşidinde yapmış oldukları fenolojik gözlemler sonucunda tomurcuk patlamasının Nisan ayında, çiçeklenme başlangıcının Mayıs-Haziran aylarında, tam çiçeklenmenin Haziran ayı ortalarında, çiçeklenme sonunun Haziran ayı sonunda ve hasadın Kasım ayında yapıldığını tespit etmişlerdir. Tangu vd. (2010), 2004-2007 yılları arasında Trabzon hurmasında yapmış oldukları gözlemler sonucunda, çalışmada kullanılan bütün çeşitlerin Mayıs ayında tamamen çiçeklendiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da fenolojik gelişim aşamalarının, araştırmacıların belirttiği tarihler arasına denk geldiği dikkati çekmiştir. George (1994), Trabzon hurmalarında çiçeklenmenin tomurcuk patlamasından 30-35 gün sonra başladığını ve tam çiçeklenmenin 7-10 gün sürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde Sağır (2013) tez kapsamında incelediği farklı Trabzon hurması tiplerinin çiçeklenmesinin 6-10 gün arasında değiştiğini ve tam çiçeklenme döneminin Nisan ayı sonlarına denk geldiğini bildirmiştir. Nitekim Çizelge 1 incelendiğinde, çalışmamızda kullanılan çeşitlerin fenolojik gelişim dönemlerinin aynı sürelerde olduğu ve araştırmacının bulguları ile paralellik gösterdiği saptanmıştır. Çelebi (2019) Siirt yöresinde yetişen 25 farklı Trabzon hurması genotipinin ağaç taç yüksekliğinin 183 ile 769 cm, taç genişliğinin 115 ile 521 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Tetsumura vd. (2015) 7 yaşındaki Fuyu ve Hiratanenashi Japon Trabzon hurması çeşitlerinin ağaç taç yüksekliklerinin 236-384 cm arasında değiştiğini saptamışlardır. Araştırmamızın yürütüldüğü Trabzon hurması bahçesinde bulunan ağaçlar 5 yaşını doldurmuş ve verime yatmış ağaçlardır. Nitekim Çizelge 2'de tespit edilen ağaç gelişim özellikleri ile önceden yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında uyumlu verilerin elde edildiği tespit edilmiştir.

Özdemir vd. (2021) Hatay Dörtöl koşullarında yetiştirilen Eylül Trabzon hurması genotipi ve Hachiya Trabzon hurması çeşidinin tam çiçeklenmeden 215 gün sonra meyve ağırlıklarının sırasıyla 96.35 g ve 259.84 g olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca meyve eti sertliğini 7.35-21.83 N, SÇKM miktarını ise %23.40 olarak tespit etmişlerdir. Tangu vd. (2010), Trabzon hurması çeşitlerinin meyve ağırlıklarının 114.05g ile 235.25g, SÇKM miktarının ise %15.19 ile 19.76 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca meyve eninin 65.70 mm ile 75.43 mm arasında meyve boyunun ise 44.13 mm ile 79.53 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Karadeniz & Cangi (2004), meyve eninin ortalama 91.31 mm, meyve boyunun ise ortalama 69.16 mm olduğunu saptamışlardır. Buna ek olarak meyve ağırlığını 300.99 g, pH'sını 5.45, SÇKM %18.45, ve TEA ise %0.164 olduğunu bildirmişlerdir. Miller & Crocker (1994), meyve iriliğinin meyve tutumu ile ilişkili olduğunu, yoğun meyve tutumunda meyve iriliğinin azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar 99.23 ve 127.58 g ağırlığındaki meyveleri küçük, 155.93 ve 198.45 g ağırlığındaki meyveleri orta, 226.80 ve 396.90 g

ağırlığında meyveleri ise büyük olarak sınıflandırmışlardır. Araştırmacıların sınıflandırma kriterlerine göre değerlendirildiğinde Hachiya çeşidinden elde edilen meyvelerin büyük, Rojo Brillante ve Hana Fuyu çeşidinin orta, Fuyu çeşidinin ise küçük meyvelere sahip olduğunu söyleyebiliriz. Yıldız vd. (2004), yürüttükleri bir çalışmada 117 Trabzon hurması tipinden 20'sinin çok verimli, 6'sının ise verimsiz olduğunu saptamışlardır. Tespit ettikleri 16 tip Trabzon hurmasının meyve ağırlıklarının 61.08 g ile 293.27 g arasında, SÇKM miktarlarının ise %7.20 ile %23.40 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca meyve kabuk renginin kırmızıdan sarıya, meyve et renginin ise turuncu-kırmızıdan koyu kahverengiye kadar değişebileceğini tespit etmişlerdir. Yesiloglu vd. (2004) Adana koşullarında yetiştirilen bazı Trabzon hurması çeşitlerinin meyve et renklerinin turuncu-kırmızı olduğunu bildirmişlerdir. Fuyu, Hana Fuyu ve Hachiya çeşitlerinin koyu kırmızı kabuk rengine sahip olduklarını saptamışlardır. Çalışmamızda Rojo Brillante, Hanna Fuyu ve Fuyu çeşitlerinin en yüksek kırmızılık derecesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Ancak araştırmacıların aksine Hachiya çeşidinin diğer çeşitlerden meyve kabuğunda kırmızı renk oluşumu açısından daha açık renkli olduğu saptanmıştır. Çizelge 3'te Hachiya çeşidinin meyve eti sertliğinde alınan veriler de bu sonucu destekler niteliktedir. Çünkü Crisosto (1995), meyve eti sertliği ile meyve kabuk renginin birlikte değerlendirilmesinin olgunlaşma potansiyelini daha net bir şekilde ortaya koyabileceğini bildirmiştir. Nitekim Yıldız vd. (2004), Trabzon hurmalarında olgunlaşma periyodunda meyve renginin turuncudan koyu kahverengiye kadar değişebileceğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla çalışmamızda henüz tam olgunluğa erişmemiş Hachiya çeşidinin açık renkli olmasının normal bir durum olduğu sonucuna varılmıştır. Trabzon hurmasının meyveleri taze tüketiminin yanı sıra kurutulmuş olarak da tüketilmektedir. Tüketim amacıyla farklı kurutma tekniklerinin kullanıldığı bilinmektedir (Mutlu & Ergüneş, 2008; Bozkir vd., 2019; Bölek & Obuz, 2014). Yıldız Akbulut (2021), farklı kurutma teknikleri ile Trabzon hurmasında meydana gelen su kaybını incelemiş ve etüvde kurutma ile yaklaşık olarak %77 oranında kuru maddenin olduğunu tespit etmiştir. Çalışmamızda kurutulan Trabzon hurmasının kuru ağırlıklarının %39 ile 54 arasında değiştiği saptanmıştır.

4. Sonuç

Çalışmada, dünyada ve ülkemizde yetiştiriciliği hızla artmakta olan Trabzon hurmasının fenolojik-morfolojik gelişimleri ve çeşitlerin pomolojik özellikleri araştırılmıştır. Meyve yetiştiriciliğinde verimi etkileyen en önemli hususlardan biri çiçek biyolojisi, çiçek ve meyve dökümleridir. Dolayısıyla yetiştiricilik yapılacak bölgenin iklim şartları, tesis edilecek bahçenin konumu ve doğru çeşit seçimi önem arz etmektedir. Bu kapsamda Denizli ili çevresinde Trabzon hurması yetiştiriciliğine talebin gün geçtikçe daha fazla artması ve bölgede en çok kullanılan çeşitlerin gelişim evlerinin bilimsel anlamda ortaya konulması gerekmektedir. Bölgede yapılan arazi keşifleri

sonucunda Hachiya, Rojo Brillante, Hana Fuyu ve Fuyu çeşitlerinin en çok talep edilen çeşitler olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde Trabzon hurması ile ilgili yapılan önceki çalışmalar da incelendiğinde söz konusu bölge adına verilerin yetersiz olduğu ve konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyacın olduğu dikkati çekmiştir. Çalışma fenolojik özellikler açısından tüm çeşitlerin birer ikişer gün arayla çiçek oluşum dönemlerini tamamladığı ve aynı günde hasat olumuna geldikleri tespit edilmiştir. Meyve özellikleri bakımından Hachiya çeşidinden elde edilen meyvelerin diğer çeşitlere oranla daha iri olduğu ve bu özelliğin tüketici açısından tercih sebebi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, fenolojik-morfolojik gelişim dönemleri ve pomoloji özellikler bakımından çalışmada belirtilen Trabzon hurması çeşitlerinin tümünün Denizli bölgesinde yetiştiriciliğe uygun olduğu belirlenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2021-YL1-0141 proje numarası ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

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

Baltacıoğlu, C., Temzisoğlu, B., Kanbur, M., Doğan, M., & İbili, S. (2020). Hindiba (*Cichorium intybus* L.) kökü ekstraktı ve Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) tozunun kek üretiminde kullanılması ve kalite parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 297-307. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.623417>

Bozkir, H., Ergün, A. R., Serdar, E., Metin, G., & Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics sonochemistry*, 54 (2019), 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.006>

Bölek, S., & Obuz, E. (2014). Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2), 242-249. <https://doi.org/10.3906/tar-1303-41>

Butar, S. (2013). AVG (Aminoethoxyvinilglycine)'nin Jersey Mac Elma Çeşidinde Hasat Önü Meyve Dökümü, Hasat Zamanı ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Butt, M., Sultan, M., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N., & Imran, M. (2015). Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit: hidden phytochemicals and healthy claims. *EXCLI Journal*, 14, 542. <https://doi.org/10.17179/excli2015-159>

Crisosto, C. H., Mitchell, E. G., & Johnson, S. (1995). Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News and Information*, 6(2), 17-21.

Çelebi, E. (2019). *Siirt Çevresinde Yetişen Trabzon Hurmalarının (Diospyros kaki L.) Meyve ve Ağaç Özelliklerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Demircan, B., & Velioğlu, Y. S. (2021). Avokado: Bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 19(3), 309-324.

Direito, R., Rocha, J., Sepodes, B., & Eduardo-Figueira, M. (2021). From *Diospyros kaki* L. (Persimmon) phytochemical profile and health impact to new product perspectives and waste valorization. *Nutrients*, 13(9), 3283. <https://doi.org/10.3390/nu13093283>

George, A. P., Collins, R. J., & Rasmussen, T. S. (1994). Phenological cycling of non-astringent persimmon in Subtropical Australia. *Journal of Horticultural Science*, 69(5), 937-946. <https://doi.org/0.1080/14620316.1994.11516530>

Horwitz, W. (1975). *Official methods of analysis* (vol. 222). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Karadeniz, T., & Cangi, R. (2004). Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) Morali çeşidinde fenolojik ve pomolojik özelliklerin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(1), 8-11.

Kaşka, N. (2004). Türkiye'de ılıman iklim meyvelerinin dün, bugün ve yarın. *Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri*, 8-12 Eylül, Antalya, 1-5.

Matheus, J. R. V., Andrade, C. J. D., Miyahira, R. F., & Fai, A. E. C. (2022). Persimmon (*Diospyros kaki* L.): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products—A review. *Food Reviews International*, 38(4), 384-401. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733597>

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.

Miller, E. P., & Crocker, T. E. (1994). Oriental persimmons in Florida. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.

Mutlu, A., & Ergüneş, G. (2008). Tokat'ta güneş enerjili raf kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 61-68.

Onur, S., & Taşdemir, T. (1987). Akdeniz Bölgesi Trabzon Hurması Seleksiyonu. *Derim*, 4(4), 168-174.

Onur, C. (1990). Trabzon hurması. *Derim (Özel Sayısı)*, 7(1), 4-47.

Özdemir, A. E., Yıldız, E., Çandır, E., & Toplu, C. (2021). The effects of fruit development and physico-chemical changes on the optimum harvest maturity in some astringent persimmon cultivars. *Alatırım*, 20(1), 12-21.

Öztürk, B., Özkan, Y., Yıldız, K., Çekiç, Ç., & Kılıç, K. (2012). Red Chief elma çeşidinde aminoethoxyvinilglycine'nin (AVG) ve naftalen asetik asitin (NAA) hasat önu döküm ve meyve kalitesi üzerine etkisi. *Anadolu Journal Agriculture Science*, 27(3), 120-126. <https://doi.org/10.7161/anajas.2012.273.120>

Sağır, F. S. (2013). *Bazı Yerli Trabzon Hurması Tipleri (Diospyros kaki L.) için Uygun Tozlayıcı Çeşit Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Tangu, N. A., Erenoğlu, B., & Yalçınkaya, E. (2010). Bazı Trabzon hurması çeşitlerinin Yalova ekolojisindeki performansları. *Bahçe*, 39(1), 1-8.

Tetsumura, T., Ishimura, S., Hidaka, T., Hirano, E., Uchida, H., Kai, Y., & Honsho, C. (2015). Growth and production of adult Japanese persimmon (*Diospyros kaki*) trees grafted onto dwarfing rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 187(2015), 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.007>

Toplu, C., Kaplankıran, M., Demirkeser, T. H., Ozdemir, A. E., Candir, E. E., & Yıldız, E. (2009). The performance of persimmon (*Diospyros kaki* Thumb.) Cultivars Under Mediterranean Coastal Conditions in Hatay, Turkey. *Journal of American Pomological Society*, 63(2), 33-41.

Tülek, Y., & Demiray, E. (2014). Sıcak hava kurutma yönteminde farklı sıcaklık ve ön işlemlerin Trabzon hurmasının renk ve kuruma karakteristiklerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(1), 27-37. <https://doi.org/10.15832/tbd.11768>

TÜİK, (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Son erişim tarihi: 31 Ağustos 2022)

Uddin, G., Rauf, A., Siddiqui, B. S., Muhammad, N., Khan, A., & Shah, S. U. A. (2014). Anti-nociceptive, anti-inflammatory and sedative activities of the extracts and chemical constituents of *Diospyros lotus* L. *Phytomedicine*, 21(7), 954-959. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.03.001>

Yarılgaç, T., & Yıldız, K. (2001). Adilcevaz ilçesinde yetiştirilen mahalli armut çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 11(2), 9-12.

Yesiloglu, T., & Cimen, B. (2021). Persimmon growing in Turkey. In *VII International Symposium on Persimmon*. (pp. 11-16). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1338.3>

Yıldız, E., Kaplankıran, M., & Toplu, C. (2004). Hatay ili Trabzon hurması seleksiyonunda ilk bulgular. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*

Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, 2(2004), 103-110.
Yıldız Akbulut, E. (2021). *Farklı Koşullarda Kurutulan Trabzon Hurması (Diospyros kaki) ve Kivi (Actinidia deliciosa)'nin Bazı*

Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalite Parametrelerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Isparta Koşullarında Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L) Genotiplerinin Tohum Verimi ve Bazı Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi

Taşkın Ahmet SÖNMEZ^{1*}, Mevlüt TÜRK¹

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

*Sorumlu yazar: taskinsonmez07@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 16/09/2022

Kabul tarihi: 17/10/2022

Anahtar Kelimeler: Biyolojik verim, Genotip, Mürdümük, Tohum verimi

DOI: 10.55979/tjse.1176343

ÖZET

Araştırma, bazı mürdümük genotiplerinin tohum verim ve bazı agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 2020-2021 yetiştirme sezonunda Isparta ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, 120 adet mürdümük genotipi ve 4 adet çeşit (Corea, İptaş, Gürbüz ve Karadağ) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Deneme, augmented deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, bitkide bakla sayısı, bakla boyu, bakla eni, baklada tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, biyolojik verim ve tohum verimi belirlenmiştir. Araştırmada incelenen tüm parametreler bakımından genotipler arasında istatistiki anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; genotiplerin bitki boyu 14.48-76.80 cm, bitkide bakla sayısı 2.81-62.00 adet, bakla boyu 2.10-4.10 cm, bakla eni 0.71-1.40 cm, baklada tane sayısı 1.23-4.32 adet, 1000 tane ağırlığı 41.69-238.00 g, biyolojik verim 3.06-82.40 g/bitki, tohum verimi ise 0.34-33.00 g/bitki arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Isparta ili iklim ve toprak koşullarında “GP40, GP18, GP161, GP145” nolu mürdümük genotiplerinin diğer genotiplere göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Bu genotiplerin ıslah materyali olarak diğer çalışmalarda da kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Determination of Some Agronomic Characteristics and Seed Yield of Some Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Genotypes in Isparta Conditions

ARTICLE INFO

Received: 16/09/2022

Accepted: 17/10/2022

Keywords: Biological yield, Genotypes, Grasspea, Seed yield

DOI: 10.55979/tjse.1176343

ABSTRACT

The research was carried out in Isparta ecological conditions in order to determine the seed yield and some agronomic characteristics of some grasspea genotypes in 2020-2021 growing season. In the research, 120 grasspea genotypes and 4 cultivars (Corea, İptaş, Gürbüz and Karadağ) were used as plant material. The experiment was carried out according to the augmented trial design. In the study, plant height, the number of pods per plant, pod length, pod width, the number of seeds per pod, 1000 seed weight, biological yield and seed yield were determined. In terms of all parameters examined in the study, statistically significant differences were determined between genotypes. According to the research results; plant height of genotypes is 14.48-76.80 cm, number of pods per plant 2.81-62.00, pod length 2.10-4.10 cm, pod width 0.71-1.40 cm, number of seeds per pod 1.23-4.32, 1000 seed weight 41.69-238.00 g, biological yield 3.06- 82.40 g/plant, seed yield varied between 0.34-33.00 g/plant. In result, it was determined that the genotypes “GP40, GP18, GP161, GP145” were superior to other genotypes in the climate and soil conditions of Isparta province. It was concluded that these genotypes are suitable for use in other studies as breeding material.

1. Giriş

Hayvanlar için tane, yeşil ve kuru ot, insan beslenmesinde yemlik tane baklagil ve sebze olarak yararlanılabilen bir bitki olan mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), baklagiller (*Fabaceae/Leguminosae*) familyasının, *Viciaeae* oymağında bulunan, 15 bölüme sahip olan, 187 taksonlu kalabalık bir cinstir (Allkin vd., 1983). Türkiye bitki örtüsü üzerinde ise 18'i endemik toplam 58 mürdümük türünün varlığı belirlenmiştir (Davis, 1970). Mürdümük kuraklık stresine, düşük sıcaklığa ve orta derecede tuzluluk stresine dayanıklı olup, adaptasyon yeteneği yüksek bir bitkidir. Yaygın mürdümük ve diğer türleri, susuzluğa ve su basmasına karşı toleranslı olması sebebiyle, Doğu Afrika ve Asya'nın tropik ve subtropik bölgelerinde insan ve hayvan beslenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Mürdümük yaygın olarak yazlık yetiştirilmektedir. Fakat kışları ılıman geçen Akdeniz çevresinde çoğunlukla sonbahar mevsiminde ekilmekte olup kış aylarını rozet biçiminde geçirip sıcaklığın yükselmesiyle beraber hızla

gelişmektedir (Campbell, 1997). TÜİK (2021) verilerine göre Türkiye'de 77 133 da alanda 63 074 ton yeşil ot, 13 867 da alanda 1 356 ton tane olarak mürdümük üretimi yapılmaktadır.

Mürdümük, yetiştiricilik şartları bakımından minimum ihtiyaçları ve en kötü iklimsel koşullar altında bile iyi düzeyde verim verebilmesi ile Hindistan, Bangladeş, Nepal ve Etiyopya gibi ülkelerde tarımsal üretimde yoğun olarak değerlendirilmektedir. Bu bitki ekstrem kurak koşullara toleranslı olduğu gibi aynı zamanda sel baskını gibi durumlarda köklerinin havasız ortamda kalmasına karşıda oldukça dirençlidir (Campbell vd., 1994). Bununla birlikte, Noto vd. (2001) ve Talukdar (2011), mürdümüğün kuraklığa, soğuğa ve orta derecede tuzluluğa toleranslı bir bitki olduğunu, çok farklı iklim ve toprak tiplerinde yetiştirebildiğini bildirmektedirler. Bunlara ek olarak, bitkinin hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele gücü de oldukça yüksek olduğu da bilinmektedir (Das, 2000). Dolayısıyla mürdümük, genetik çeşitliliği ile biyotik ve

abiyotik stres faktörlerine dayanım noktasında ve tarımsal üretimi artırma açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Xu vd., 2017).

Bu çalışmanın amacı, Akdeniz Üniversitesi'nden temin edilen 120 genotipin Isparta koşullarındaki verim ve bazı agronomik özelliklerini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 2020-2021 yetiştirme döneminde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Araştırma Eğitim ve Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Bu denemede bitki materyali olarak; Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden temin edilen 120 genotip ve Corea, İptaş, Gürbüz ve Karadağ çeşitleri olmak üzere toplam 124 genotip kullanılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü 2020-2021 yılında ortalama sıcaklık değerlerinin (12.53°C) uzun yıllar sıcaklık ortalamasından yüksek, nispi nem miktarının (%60.2) uzun yıllar ortalamasından düşük ve yağış miktarının (375.2 mm) uzun yıllar ortalamasından düşük olduğu belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazilerin farklı bölgelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda; deneme alanının tekstür bakımından killi-tınlı, kireç içeriğince zengin (%28.7), organik maddece fakir (%1.54), pH'sı 7.66, fosfor bakımından fakir (23.5 mg/kg) ve potasyum (176.2 mg/kg) bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.

Deneme ağümenteden deneme desenine göre 4 kontrol çeşit ile 4 bloklu olarak kurulmuştur. Ekim, 12 Kasım 2020 tarihinde 4-6 cm derinliğe markörle açılan çizilere elle yapılmıştır. Her bir genotip 2.5 m uzunluğundaki sıralara ekilmiştir. Sıra arası mesafe 100 cm, sıra üzeri mesafe 10 cm olarak ayarlanmıştır. Ekimden önce toprak hazırlığı aşamasında 10 kg/da 15.15.15 kompoze gübre uygulanmıştır.

Araştırmada bitki boyu, ana dal sayısı, bitkideki bakla sayısı, bakla boyu, bakla genişliği, baklada tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, bitki başına tohum verimi, bitki başına biyolojik verim, hasat indeksi, ham protein oranı, NDF ve ADF içerikleri belirlenmiştir. Morfolojik ölçümler her sıradan tesadüfi olarak seçilmiş olan 10 bitki üzerinden yapılmıştır. Hasat olgunluğu dönemindeki 5 bitkinin toprak üstü toplam ağırlığı g olarak belirlenmiş ve bitki başına biyolojik verim hesaplanmıştır.

Denemeden elde edilen bütün veriler SAS istatistik programında analiz edilmiştir. Analizden istatistiki olarak önemli çıkan sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçlarına göre, çalışmada incelenen tüm özellikler bakımından genotipler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Genotiplerin ortalama bitki boyları 14.48 cm ile 76.80 cm arasında değişmiş, en uzun bitkiler GP107 (76.80 cm), GP105 (71.80 cm) ve GP161 (65.60 cm) genotiplerinde elde edilirken, en kısa bitkiler GP20 (14.48 cm), GP246 (15.60 cm) ve GP26 (15.98 cm) nolu genotiplerde elde edilmiştir (Çizelge 1). Mürdümük ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmada bitki

boyu 24.5 cm ile 172.0 cm arasında değişiklik göstermiştir (Campbell, 1997; Polignano vd., 2009; Grela vd., 2010; Aksu, 2019; Kosev & Vasileva, 2019; Türkoğlu vd., 2021).

Bitkide bakla sayısı 2.81 ile 62.00 adet arasında değişmiş, en yüksek değerler 62.00, 62.00, 58.70 ve 58.10 adet/bitki ile sırasıyla GP145, GP156, GP161 ve GP177 genotiplerinde belirlenmiştir. Bitkide en az bakla sayısına sahip olan genotipler ise GP36, GP244, GP107 ve GP14 olmuştur (Çizelge 1). Bitkide bakla sayısını Milczak vd. (2001) 17.9-24.0, Kumar & Dubey (2003), 25.4-203.8, Türk vd. (2007), 11.0-42.0, Rybinski vd. (2008), 20.3-60.3, Grela vd. (2010), 20.3-37.7, Başaran vd. (2013), 14.40-45.00, Öten vd. (2017), 9.6-35.8, Kosev & Vasileva (2019), 9.53-15.80; Aksu (2019), 12.03-17.43 adet olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Genotiplerin bakla boyları arasındaki farklılık da istatistiki olarak önemli bulunmuştur ve değerler 2.10 ile 4.10 cm arasında değişmiştir. Bakla boyu en uzun olan genotipler GP182 (4.10 cm), GP206 (4.10 cm), GP116 (4.00 cm), GP120 (4.00 cm), GP213 (4.00 cm) olarak tespit edilirken, en kısa bakla boyuna sahip olan genotipler GP74, GP156, GP165, GP20, GP204 ve GP211 olmuştur (Çizelge 1). Çalışmada incelenen 120 genotip ve 4 çeşide ait bakla eni değerleri ise 0.71 ile 1.40 cm arasında değişmiş, en büyük değerler GP45, GP213, GP58, GP103, GP116, GP184 nolu genotiplerde belirlenirken, en küçük değerler GP38, GP75 ve GP211 nolu genotiplerden elde edilmiştir. Farklı mürdümük genotipleriyle yaptıkları çalışmalarda Bucak (2009) Şanlıurfa'da bakla boyunu 2.36-2.75 cm, bakla enini 0.79-0.99 cm, Aksu (2019), Antalya'da bakla boyunu 3.26-4.00 cm, bakla enini 1.02-1.35 cm, Küçükçaya (2022), Yozgat'ta bakla boyunu 3.23-3.67 cm, bakla enini 1.03-1.19 cm, Özdemir vd. (2020), Elazığ'da bakla boyunu 2.78-3.45 cm, bakla enini 0.83-1.23 cm arasında bulmuşlardır. Belirtilen bu değerler çalışmamızda elde edilen bakla boyu ve bakla eni değerleriyle benzerlik göstermektedir.

Genotiplerin baklada tane sayıları arasındaki farklılık da önemli bulunmuş ve ortalama değerler 1.23-4.32 adet arasında değişmiştir. Baklada en yüksek tane sayıları 4.32, 4.30 ve 4.29 adet ile GP198, GP250 ve GP150 genotiplerinden elde edilirken, en düşük değerler GP242, GP235 ve GP237 genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Bakladaki tane sayısını Kumar & Dubey (2003), 1.78-3.00 adet, Gündüz (2012), 2.30-3.00 adet, Sayar & Han (2015), 3.08-3.72 adet, Küçükçaya (2022), 2.97-4.00 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları daha önceki çalışmalarla uyum içindedir.

Çalışmada kullanılan genotiplerin 1000 tane ağırlıkları 41.69 ile 238 g arasında değişmiştir. Genotipler içerisinde 1000 tane ağırlığı en yüksek olanlar GP242 (238.00 g), GP19 (231.00 g), GP147 (221.00 g) ve GP165 (221.00 g) olurken, en düşük değerler GP211 (41.69 g), GP35 (53.11 g), GP184 (56.00 g), GP14 (56.11 g) genotiplerinden elde edilmiştir (Çizelge 1). Mürdümükte 1000 tane ağırlığını Kendir (2000), 34.17-67.64 g, Kumar & Dubey (2003), 39.30-102.30 g, Karadağ & Büyükburç (2003), 148.71-161.18 g, Bayram vd. (2004), 89.90-182.08 g, Öten vd. (2017), 81.20-83.70 g, Türk vd. (2007), 51.0-326.0 g,

Ribinski vd. (2008), 87-510 g, Polignano vd. (2009), 237-405 g, Grela vd. (2010), 120-660 g, Başaran (2010) 79.93-152.13 g, Sayar & Han (2015), 89.30-136.50 g, Aksu (2019), 69.67-104.68 g, Kosev & Vasileva (2019), 113.0-154.5 g olarak bildirmiştir. Yapılan çalışmalar ile elde veriler çalışmamıza yakın olup aradaki farklılıkların kullanılan genotiplerden, kültürel uygulamalardan ve iklim koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre genotiplerin biyolojik verim değerleri arasında da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan genotiplerin bitki başına biyolojik verimleri 3.06 ile 82.40 g arasında değişmiştir. GP145 (82.40 g), GP40 (75.70 g), GP18 (63.70 g) genotipleri en yüksek biyolojik verim değerlerine sahip olurken, en düşük değerler GP38 (3.06 g), GP211 (3.32 g), GP36 (3.54 g) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Türkoğlu (2021), mürdümükte bitki başına biyolojik verimi 2.48 ile 12.01 g/bitki olarak tespit etmiştir. Mürdümükte birim alanda biyolojik verimin incelendiği çalışmalarda, Abd El-Moneim (1992), biyolojik verimi 427 kg/da, Fırıncıoğlu vd. (1996) 258 kg/da, Bayram vd. (2004), 289.23-689.37 kg/da, Kendir (2000), 251.25-491.46 kg/da, Karadağ vd. (2004), 456.6-685.8 kg/da, Karadağ & İptaş (2007), 285.0-509.6 kg/da, Bucak (2009)

330.24-413.89 kg/da, Gündüz (2012), 624 kg/da, Karadağ vd. (2012), 565.8-693.7 kg/da, Özyazıcı & Açıkbay (2019), 444.8-707.5 kg/da, Aksu (2019), 327.4-691.7 kg/da, Küçükaya (2022), 392.4-642.1 kg/da olarak bildirmişlerdir.

Bitki başına tohum verimleri incelendiğinde genotipler arasında istatistiki bakımdan önemli farklılıkların olduğu, değerlerin 0.34-33.00 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek tohum verimi 33.00 g ile GP40 genotipinden elde edilmiş, bunu 20.30 g ve 19.50 g ile GP161 ve GP18 nolu genotipleri izlemiş, bitki başına en düşük tohum verimleri ise GP211, GP35, GP36, GP212, GP38 nolu genotiplerden elde edilmiştir (Çizelge 1). Mürdümükte tohum verimini Kendir (2000), 81.52-198.95 kg/da, Bayram vd. (2004), 67.30-202.88 kg/da, Öten vd. (2017), 447-263 kg/da olarak bildirmişlerdir. Başbağ vd. (2001), tohum verimini ortalama 80.93 kg/da, Karadağ & Büyükburç (2003), ise; 196.93-238.78 kg/da, Kumar & Dubey (2003), bitkideki tohum verimini 2.06-23.67 g, Sayar & Han (2015), 188.30-309.20 kg/da, Aksu (2019), tohum verimini 80.69-228.41 kg/da olarak bildirmiştir. Yapılan çalışmalar ile elde veriler çalışmamıza yakın olup aradaki farklılıkların iklim koşullarından ve bölgesel etmenlerden ileri geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler

Table 1. Average values obtained in the study

Genotipler	Bitki					1000 dane ağırlığı (g)	Biyolojik verim (g/bitki)	Tohum verimi (g/bitki)
	boyu (cm)	Bitkide bakla sayısı (adet)	Bakla boyu (cm)	Bakla eni (cm)	Baklada tane sayısı (adet)			
GP 2	45.60	12.20	2.90	0.90	1.66	74.00	4.80	2.40
GP 6	41.60	17.00	2.30	0.90	2.00	88.00	8.60	3.20
GP 7	50.60	24.40	2.30	0.80	2.30	76.00	8.50	3.90
GP 10	47.60	12.60	2.70	0.80	2.10	68.00	6.80	3.10
GP 11	40.60	21.60	3.00	0.80	3.30	179.00	33.90	4.40
GP 12	54.18	13.31	2.27	0.92	1.90	75.71	5.64	1.41
GP 13	25.98	5.51	2.28	0.85	2.00	77.31	4.05	0.74
GP 14	24.48	4.31	2.61	0.91	2.30	56.11	7.39	1.68
GP 17	41.60	31.40	2.80	1.00	1.90	208.00	50.50	10.80
GP 18	46.20	37.70	2.50	0.80	2.90	194.00	63.70	19.50
GP 19	55.10	36.80	2.90	0.90	3.10	231.00	44.60	17.50
GP 20	14.48	16.98	2.13	0.93	2.50	119.51	13.31	0.83
GP 21	28.64	24.76	2.73	0.94	1.50	86.85	7.31	1.44
GP 22	17.98	15.65	2.34	0.91	2.50	102.01	8.60	1.67
GP 23	51.80	19.40	2.70	1.00	2.70	211.00	27.90	4.80
GP 26	15.98	17.91	3.28	1.13	3.70	195.51	34.20	2.43
GP 27	31.98	20.11	3.67	1.19	2.50	185.76	20.16	3.28
GP 29	33.98	6.31	3.07	0.88	2.30	126.01	16.04	1.64
GP 30	24.48	13.31	3.00	0.95	2.70	119.51	7.24	2.05
GP 34	24.60	31.20	3.30	1.00	4.10	102.00	11.10	3.30
GP 35	22.31	13.51	2.87	0.92	2.90	53.11	5.93	0.50
GP 36	44.98	2.81	2.81	0.90	2.70	115.51	3.54	0.60
GP 37	17.98	8.31	2.92	0.91	3.10	135.51	17.09	2.18
GP 38	21.48	5.31	2.22	0.71	1.70	103.31	3.06	0.68
GP 40	40.60	52.80	3.70	1.20	3.30	215.00	75.70	33.00
GP 41	61.20	25.80	3.40	1.20	2.50	203.00	28.70	8.30
GP 42	49.60	45.00	2.40	1.00	3.90	232.00	48.30	16.50
GP 43	50.00	23.40	3.60	1.30	3.30	234.00	32.30	5.70
GP 44	36.60	22.80	3.00	1.20	2.50	212.00	8.90	9.60
GP 45	42.40	14.90	3.40	1.40	2.30	190.00	20.90	5.70
GP 47	45.80	8.40	3.30	1.00	3.89	142.00	7.00	2.70
GP 49	29.80	19.40	2.30	1.00	2.69	159.00	20.90	4.50

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler (Devamı)
Table 1. Average values obtained in the study (Continued)

Genotipler	Bitki		Bakla boyu (cm)	Bakla eni (cm)	Baklarda tane sayısı (adet)	1000 dane ağırlığı (g)	Biyolojik verim (g/bitki)	Tohum verimi (g/bitki)
	boyu (cm)	Bitkide bakla sayısı (adet)						
GP 53	32.20	28.10	2.90	1.00	3.19	154.00	23.60	8.60
GP 58	34.60	34.40	3.30	1.30	2.10	157.00	37.60	7.40
GP 59	43.80	34.40	3.30	1.20	2.49	112.00	29.80	6.90
GP 60	33.00	19.40	3.40	1.20	1.69	159.00	24.90	6.20
GP 61	44.30	35.90	2.80	1.00	2.69	188.00	13.00	9.20
GP 74	45.80	5.40	2.10	0.80	2.09	188.00	5.00	1.80
GP 75	25.68	18.23	2.69	0.77	3.69	97.69	14.99	2.34
GP 101	36.51	10.90	3.18	0.90	2.69	139.94	8.91	2.78
GP 103	24.80	20.60	3.20	1.30	2.59	96.00	5.30	2.50
GP 104	60.80	22.40	3.70	1.10	2.89	93.00	4.90	1.50
GP 105	71.80	21.90	3.00	1.30	2.69	91.00	5.00	1.50
GP 107	76.80	3.40	3.00	1.10	3.09	102.00	8.40	3.90
GP 108	19.80	10.60	3.80	1.20	3.69	179.00	12.70	2.80
GP 110	30.00	13.90	3.20	1.10	3.09	91.00	5.90	2.60
GP 114	51.80	6.00	3.70	1.10	2.49	125.00	7.00	1.50
GP 116	22.10	7.20	4.00	1.30	3.09	79.00	9.70	1.90
GP 117	28.20	10.00	3.60	1.20	2.69	113.00	8.60	1.40
GP 119	29.80	11.20	3.80	1.20	2.49	182.00	13.20	3.10
GP 120	30.40	13.90	4.00	1.10	3.69	127.00	12.20	4.70
GP 124	21.60	11.60	2.70	1.00	3.29	82.00	11.00	2.60
GP 133	34.30	18.60	3.80	1.10	2.49	179.00	48.40	8.60
GP 135	53.00	36.40	3.30	1.00	2.69	194.00	41.60	15.20
GP 145	35.20	62.00	3.50	0.90	2.49	180.00	82.40	17.50
GP 147	39.60	29.20	3.30	1.10	2.29	221.00	48.00	16.90
GP 148	53.18	8.31	2.60	0.93	4.09	91.94	6.02	6.94
GP 149	22.00	11.20	3.40	1.00	3.89	96.00	8.40	2.10
GP 150	29.60	20.70	3.90	1.00	4.29	173.00	29.90	10.00
GP 151	46.68	15.90	3.20	1.00	1.99	95.44	8.27	1.13
GP 152	44.00	47.10	3.00	1.10	1.72	91.00	27.40	7.10
GP 156	58.80	62.00	2.10	1.10	1.92	122.00	42.90	16.40
GP 157	62.80	20.40	2.60	1.00	1.72	84.00	15.10	5.00
GP 161	65.60	58.70	2.50	1.00	2.02	198.00	47.80	20.30
GP 163	48.60	34.10	3.10	1.00	1.98	134.00	28.60	17.00
GP 164	38.30	19.60	3.30	1.10	2.32	161.00	21.70	6.50
GP 165	31.60	29.80	2.10	0.90	2.09	221.00	33.10	13.70
GP 166	43.40	25.70	3.10	1.20	2.12	178.00	26.70	3.50
GP 177	45.60	58.10	3.00	0.90	1.92	212.00	19.50	8.20
GP 178	45.70	24.90	3.20	1.20	2.12	124.00	6.40	2.10
GP 179	17.60	12.80	3.00	0.80	2.52	123.00	6.90	1.90
GP 180	40.90	15.40	3.90	1.20	3.52	152.00	12.80	1.60
GP 181	26.60	9.40	3.80	1.20	2.32	121.00	8.30	1.70
GP 182	26.60	17.10	4.10	1.20	2.32	139.00	9.10	3.20
GP 184	29.30	18.80	3.90	1.30	2.32	56.00	9.50	4.00
GP 196	22.00	10.60	3.90	1.10	2.92	129.00	9.00	6.00
GP 197	49.80	8.40	3.30	0.90	3.32	148.00	8.70	2.40
GP 198	38.60	12.40	3.70	1.00	4.32	94.00	8.00	2.60
GP 199	44.60	28.40	3.50	1.00	2.72	126.00	23.50	4.10
GP 200	42.59	10.26	2.77	0.89	2.52	93.30	7.17	2.00
GP 204	44.93	32.76	2.15	0.80	2.12	130.58	4.25	1.11
GP 206	46.60	21.10	4.10	1.20	2.92	118.00	19.40	4.40
GP 207	40.60	10.40	3.40	0.90	3.32	162.00	12.40	2.50
GP 209	34.20	35.10	3.50	1.20	2.12	114.00	26.40	7.80
GP 210	43.93	13.36	2.86	0.98	2.72	119.79	14.35	1.21
GP 211	32.13	3.01	2.18	0.78	2.00	41.69	3.32	0.34
GP 212	40.93	24.76	2.92	0.85	3.12	72.59	6.11	0.61
GP 213	49.60	26.10	4.00	1.40	3.32	120.00	30.50	6.30
GP 214	38.10	17.60	3.80	1.10	2.50	119.00	17.10	3.30

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler (Devamı)
Table 1. Average values obtained in the study (Continued)

Genotipler	Bitki		Bakla boyu (cm)	Bakla eni (cm)	Baklada tane sayısı (adet)	1000 dane ağırlığı (g)	Biyolojik	
	boyu (cm)	Bitkide bakla sayısı (adet)					verim (g/bitki)	Tohum verimi (g/bitki)
GP 215	43.20	24.10	3.70	1.10	2.90	123.00	21.20	4.80
GP 218	38.43	15.36	2.66	0.91	2.50	121.96	8.56	1.28
GP 220	46.93	26.36	3.30	1.08	3.30	91.46	24.36	0.71
GP 222	41.60	16.90	2.60	1.00	2.60	134.00	16.80	2.90
GP 223	20.93	15.36	2.88	0.82	2.50	101.96	12.61	1.00
GP 224	37.10	17.90	2.80	1.00	1.90	86.00	11.20	2.80
GP 225	38.10	15.40	3.30	1.10	3.30	76.00	9.20	3.20
GP 226	43.73	25.10	3.83	1.10	3.32	158.46	26.06	2.82
GP 227	46.60	26.40	2.70	1.00	1.60	136.00	25.00	8.50
GP 228	20.60	15.40	2.90	1.00	3.30	126.00	13.20	4.20
GP 229	39.60	16.40	2.30	0.90	3.32	102.00	9.90	1.90
GP 230	49.60	44.40	3.00	1.10	3.51	111.00	46.20	13.10
GP 232	27.60	26.10	2.70	0.90	3.31	169.00	33.70	6.90
GP 233	25.60	15.90	3.30	1.00	3.20	155.00	16.60	5.50
GP 234	21.10	21.20	3.60	0.90	2.70	214.00	34.00	7.90
GP 235	37.00	6.00	2.60	0.90	1.30	172.00	7.20	4.30
GP 237	27.10	17.70	3.50	0.90	1.30	102.00	5.20	2.80
GP 242	60.60	26.20	3.50	1.00	1.23	238.00	50.50	9.30
GP 243	30.60	8.00	3.70	0.90	2.20	148.00	9.20	2.40
GP 244	21.90	2.90	3.60	1.00	2.10	169.00	6.30	0.90
GP 246	15.60	18.20	3.30	1.00	3.30	101.00	5.90	2.70
GP 247	42.60	13.20	2.80	0.80	3.50	81.00	6.30	2.30
GP 248	31.60	15.40	2.50	0.90	4.10	81.00	4.10	3.60
GP 249	51.80	8.70	3.20	1.10	1.90	163.00	14.00	2.00
GP 250	34.59	35.11	3.62	0.93	4.30	70.66	25.76	1.16
GP 251	27.10	14.70	2.70	0.80	3.90	196.00	17.80	2.60
GP 256	35.60	20.20	2.60	0.80	3.70	141.00	27.20	2.30
GP 262	41.60	26.70	3.60	1.10	2.50	147.00	27.30	5.20
GP 266	52.93	33.36	3.49	1.10	3.70	100.26	11.41	4.30
GP 267	38.93	10.36	3.11	0.86	2.10	84.46	4.61	1.21
GP 270	34.10	9.20	3.50	1.00	3.50	104.00	9.90	1.20
Gürbüz	60.30	16.40	3.30	0.80	1.94	161.00	14.50	4.60
Karadağ	52.70	33.00	3.50	1.10	2.63	147.00	9.80	2.90
İptaş	41.00	15.40	3.30	0.90	3.57	137.00	12.70	3.10
Corea	20.30	4.20	3.70	0.80	3.24	126.00	16.60	2.80
Min.	14.48	2.81	2.10	0.71	1.23	41.69	3.06	0.34
Maks.	76.80	62.00	4.10	1.40	4.32	238.00	82.40	33.00
Ort.	38.31	20.42	3.12	1.01	2.72	134.15	18.49	5.00
St. Sapma	11.12	9.41	0.42	0.11	0.47	12.46	9.51	1.22

4. Sonuç

Isparta şartlarında, 120 mürdümük genotipi ve 4 çeşidinin tohum verimi ve bazı agronomik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmanın sonuçlarına göre; genotiplerin bitki boyu 14.48-76.80 cm, bitkide bakla sayısı 2.81-62.00 adet, bakla boyu 2.10-4.10 cm, bakla eni 0.71-1.40 cm, baklada tane sayısı 1.23-4.32 adet, 1000 tane ağırlığı 41.69-238.00 g, biyolojik verim 3.06-82.40 g/bitki, tohum verimi ise 0.34-33.00 g/bitki arasında değişmiştir.

Genotipler karşılaştırıldığında, Isparta ili iklim ve toprak koşullarında "GP40, GP18, GP161, GP145" nolu mürdümük genotiplerinin diğer genotiplere göre daha üstün olduğu belirlenmiş, ıslah materyali olarak diğer

çalışmalarda da kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Taşkın Ahmet SÖNMEZ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Araştırmayı destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne (Proje No: 2021-YL1-0122) teşekkür ederiz.

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

- Abd El-Moneim, A. M. (1992). Forage Legume Improvement. Legume Program, Annual Report, 193-249.
- Aksu, E. (2019). *Düşük odap (β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic) İçeriğine Sahip Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Antalya Sahil Koşullarında Tohum Verimi ve Bitkisel Özellikleri*. (Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Allkin, R., Macfarlane, T. D., White, R. J., Bisby T. A., & Adey, M. E. (1983). Names and Synonyms of Species and Subspecies in The Viciae Issue. *Viciae.Database Project 2(2)*.
- Başaran, U. (2010). *Türkiye'nin Farklı Yörelerinde Yetiştirilen Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Popülasyonlarının Tarımsal Özellikleri, Protein İçerikleri ve Odap Düzeylerinin Belirlenmesi*, (Doktora tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Basaran, U., Acar, Z., Karacan, M., & Onar, A. T. (2013). Variation and Correlation of Morphoagronomic Traits and Biochemical Contents (protein and β -Odap) in Turkish Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Landraces. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(2), 166-173.
- Başbağ, M., Saruhan, V., & Gül, İ. (2001). Diyarbakır Koşullarında Bazı Tel Yıllık Baklagil Yem Bitkilerinin Adaptasyonu Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*. 17-21 Eylül, Tekirdağ, 169-173.
- Bayram, G., Türk, M., Budaklı, E., & Çelik, N. (2004). Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Yaygın Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Verim ve Adaptasyonu Üzerine Bir Araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 73-84.
- Bucak, B. (2009). Harran ovasında kışlık olarak yetiştirilen mürdümük türlerine ait (*Lathyrus sativus* L. ve *Lathyrus ciceria* L.) 10 hattın bazı morfolojik ve agronomik özelliklerinin belirlenmesini üzerine bir araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4), 57-65.
- Campbell, C. G. (1997). *Grass pea, Lathyrus sativus* L. (vol. 18). Bioversity International.
- Campbell, C. G., Mehra, R. B., Agrawal, S. K., Chen, Y. Z., Abl El Moneim, A. M., Kawaja, H. I. T., Yadav, C. R., Tay, J. U., & Araya, W. A. (1994). Current Status and Future Strategy in Breeding Grasspea (*Lathyrus sativus*). *Euphytica*, 73, 167-175.
- Das, N. R. (2000). *Lathyrus sativus* in Rainfed Multiple Cropping Systems in West Bengal, Indiaa Review. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 1, 25-27.
- Davis, P. H. (1970). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Edinburgh, Scotland, Edinburgh University Press.
- Fıncıoğlu, H. K., Uncuer, D., Ünal, S., & Aydın, F. (1996). Bazı Fiğ (*Vicia* sp.) ve Mürdümük (*Lathyrus* sp.) Türlerinin Tarımsal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kongresi*. 17-19 Haziran, Erzurum, 685-691.
- Grela, E. R., Rybinski, W., Klebaniuk, R., & Matras, J. (2010). Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Genetic Resource and Crop Evolution*, 57, 693-701.
- Gündüz, G. M. (2012). *Köy Popülasyonu Yaygın Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Çeşitlerinin Tohum Verimi ve Bazı Bitkisel Özellikleri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karadağ, Y., İptaş, S., & Yavuz, M. (2004). Agronomic Potential of Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Under Rainfed Condition in Semi-Arid Regions of Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(2), 151-155.
- Karadağ, Y. (2012). Tokat-Kazova ekolojik koşullarında bazı mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) hatlarının verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 11-13.
- Karadağ, Y., & Büyükburç, U. (2003). Tokat Ekolojik Koşullarında Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 135-141.
- Karadağ, Y., & İptaş, S. (2007). Tokat Ekolojik Koşullarında Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hat ve Varyetelerinin Agronomik Potansiyelleri Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 7. Tarla Bitkileri Kongresi*. 25-27 Haziran, Erzurum, 123-126.
- Kendir, H. (2000) Nohut mürdümüğü (*Lathyrus ciceria* L.) hatlarının tohum verimi ve bazı bitkisel özellikler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 25-31.
- Kosev V.I., & Vasileva, V.M. (2019). Morphological characterization of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) varieties. *The Journal of Agricultural Sciences- SriLanka*, 14(2), 67-76.
- Kumar, S., & Dubey, A. K. (2003). Genetic diveristy among induced mutants of grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 3, 15-17.
- Küçükkaya, U. (2022). *Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Popülasyonu ve Çeşitlerinin Yozgat Ekolojisinde Morfolojik ve Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Milczak, M., Pedzinski, M., Mnichowska, H., Szwed-Urbas, K., & Rybinski, W. (2001). Creative breeding of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2(2), 85-88.
- Noto, F., Poma, I., Gristina, L., Venezia, G., & Ferrotti, F. (2001). Bioagronomic and qualitative characteristics in *Lathyrus sativus* lines. *Proceedings 4th European Conference on Grain Legumes*, July 8-12, Cracow, Poland, 183.
- Öten, M., Kiremitçi, S., & Erdurmuş, C. (2017). Mürdümükte (*Lathyrus sativus* L.) tane ve kuru ot verimi ile ilişkili özelliklerin korelasyon ve path analizi ile saptanması. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 34(1), 72-78.
- Özdemir, S., Kökten, K., Kaplan M., & Uçar R. (2020). Elazığ koşullarında bazı mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin tohum verimi ve tohum verimini etkileyen bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2), 445-452.
- Özyazıcı, M. A., & Açıkbaş, S. (2019). Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin yarı kurak iklim koşullarında bazı tarımsal özellikleri ile verim performanslarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 1058-1068. <https://doi.org/10.31590/ejosat.655662>
- Polignano, G. B., Bisignano, V., Tomaselli, V., Ugenti, P., Alba, V., & Della Gatta, C. (2009). Genotype environment interaction in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) lines. *International Journal of Agronomy*, 2009, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2009/898396>
- Rybinski W., Szot B., & Rusinek R. (2008). Estimation of morphological traits and mechanical properties of grasspea seeds (*Lathyrus sativus* L.) originating from EU countries. *International Agrophysics*, 22, 261-275.
- Sayar M. S., & Han Y. (2015). Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) hatlarının tohum verimi ve verim komponentlerinin belirlenmesi ve GGE Biplot analiz yöntemiyle değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 21(1), 78-92.
- Talukdar, D. (2011). Morpho-Physiological responses of grass pea (*Lathyrus sativus*) genotypes to salt stres at germination and seedling stages. *Legume Research*, 34(4), 232-241.
- TÜİK (2021). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu
- Türk, M., Albayrak, S., & Çelik, N. (2007). Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 155-158.
- Türkoğlu, M. İ. (2021). *Orta Anadolu Şartlarında Kahramanmaraş Elbistan Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Popülasyonunda Morfolojik, Fenolojik ve Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Xu, Q., Liu, F., Jez, J. M., & Krishnan, H. B. (2017). β -N-oxalyl-L-2,3-diaminopropionic Acid (β -ODAP) Content in *Lathyrus sativus*, The integration of nitrogen and sulfur metabolism through β -Cyanoalanine Synthase. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 526.



Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L) Genotiplerinde Tohum Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Mevlüt TÜRK¹, Taşkın Ahmet SÖNMEZ^{1*}

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

*Sorumlu yazar: mevlutturk @isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 28/09/2022

Kabul tarihi: 23/11/2022

Anahtar Kelimeler: ADF, Genotip, Mürdümük, Nispi yem değeri

DOI: 10.55979/tjse.1181243

ÖZET

Araştırma, bazı mürdümük genotiplerinin tohum kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 2020-2021 yetiştirme sezonunda Isparta ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, 120 adet mürdümük genotipi ve 4 adet çeşit (Corea, İptaş, Gürbüz ve Karadağ) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Deneme, augmented deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada farklı mürdümük hatlarına ait tohumların ham protein oranı, ADF, NDF, toplam sindirilebilir besin maddesi, sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değeri belirlenmiştir. Araştırmada sindirilebilir kuru madde oranı hariç incelenen tüm parametreler bakımından genotipler arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; genotiplerin ham protein oranları %13.52-24.64, ADF oranları %7.19-10.22, NDF oranları %11.52-24.23, toplam sindirilebilir besin maddesi %88.16-92.07, sindirilebilir kuru madde %80.94-83.30, kuru madde tüketimi %4.95-10.42, nispi yem değeri 316.7-668.3 arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Isparta ili iklim ve toprak koşullarında “GP242, GP234, GP207, GP209, GP213 ve GP226” nolu mürdümük genotiplerinin tohum kalite değerleri bakımından diğer genotiplerden daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Bu genotiplerin ıslah materyali olarak diğer çalışmalarda da kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Determination of Seed Quality Characteristics of Some Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Genotypes

ARTICLE INFO

Received: 28/09/2022

Accepted: 23/11/2022

Keywords: ADF, Genotypes, Grasspea, Relative feed value.

DOI: 10.55979/tjse.1181243

ABSTRACT

The research was carried out in Isparta ecological conditions in order to determine the seed quality characteristics of some grasspea genotypes in 2020-2021 growing season. In the research, 120 grasspea genotypes and 4 cultivars (Corea, İptaş, Gürbüz and Karadağ) were used as plant material. The experiment was carried out according to the augmented trial design. In the study, crude protein ratio, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), total digestible nutrient (TDN), digestible dry matter (DDM), dry matter intake (DMI), and relative feed values (RFV) in seeds of some grasspea genotypes were determined. Except for digestible dry matter, in terms of all parameters examined in the study, statistically significant differences were determined between genotypes. According to the research results; crude protein ratios are 13.52-24.64%, ADF 7.19-10.22%, NDF 11.52-24.23%, TDN 88.16-92.07%, DDM %80.94-83.30%, DMI 4.95-10.42%, RFV varied between 316.7-668.3. According to the results of the research, it was determined that the genotypes “GP242, GP234, GP207, GP209, GP213, and GP226” were superior to other genotypes in terms of seed quality values in the climate and soil conditions of Isparta province. It was concluded that these genotypes are suitable for use in other studies as breeding material.

1. Giriş

Mürdümük kuraklık stresine, düşük sıcaklığa ve orta derecede tuzluluk stresine dayanıklı olup, adaptasyon yeteneği yüksek bir bitkidir (Noto vd., 2001; Talukdar, 2011). Bu bitki ekstrem kurak koşullara toleranslı olduğu gibi aynı zamanda sel baskını gibi durumlarda köklerinin havasız ortamda kalmasına karşıda oldukça dirençlidir (Campbell vd., 1994). Bunlara ek olarak, bitkinin hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele gücünün de oldukça yüksek olduğu bilinmektedir (Das, 2000). Dolayısıyla mürdümük, genetik çeşitliliği ile biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanım noktasında ve tarımsal üretimi artırma açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Xu vd., 2017).

Lathyrus türleri genel olarak dünyada yeşil ot, kuru ot ve tane yem olarak hayvanların beslenmesinde, yeşil gübre

bitkisi olarak toprak yapısının iyileştirilmesinde ve yemeklik tane baklagil veya sebze olarak insanların beslenmesi için yetiştirilir. Bununla birlikte, bu türler bazı dönemlerde otlatılmakta ve otlatmaya ara verildikten sonra gelişen bitkiler için yetiştirilmektedir. *Lathyrus* türlerinin insan beslenmesindeki kullanımını ülkelere ve bölgelere göre farklılıklar göstermekte ve genel olarak kuru tanelerinden çorba ve öğütülüp belli oranlarda buğday ununa katılarak ekmek yapılmakta, taze yaprakları olgunlaşmamış bakla ve taneleri ise salata, sebze yemeği ve çerez olarak kullanılmaktadır (Kumar, 1997).

Bu çalışmanın amacı, Akdeniz Üniversitesi’nden temin edilen 120 mürdümük genotipinin Isparta koşullarındaki kalite özelliklerini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 2020-2021 yetiştirme döneminde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Araştırma Eğitim ve Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Denemede bitki materyali olarak; Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden temin edilen 120 genotip ve Corea, İpaş, Gürbüz ve Karadağ çeşitleri olmak üzere toplam 124 mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotipi kullanılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü 2020-2021 yılında ortalama sıcaklık değerlerinin (12.53 °C) uzun yıllar sıcaklık ortalamasından yüksek, nispi nem miktarının (%60.2) uzun yıllar ortalamasından düşük ve yağış miktarının (375.2 mm) uzun yıllar ortalamasından düşük olduğu belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazilerin farklı bölgelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda; deneme alanının tekstür bakımından killi-tınlı, kireç içeriğince zengin (%28.7), organik maddece fakir (%1.54), pH'sı 7.66, fosfor bakımından fakir (23.5 mg/kg) ve potasyum (176.2 mg/kg) bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.

Deneme agümenteden deneme desenine göre 4 kontrol çeşit ile 4 bloklu olarak kurulmuştur. Ekim, 12 Kasım 2020 tarihinde 4-6 cm derinliğe markörle açılan çizilere elle yapılmıştır. Her bir genotip 2.5 m uzunluğundaki sıralara ekilmiştir. Sıra arası mesafe 100 cm, sıra üzeri mesafe 10 cm olacak şekilde ekilmiştir. Ekimden önce toprak hazırlığı aşamasında 10 kg/da 15.15.15 kompoze gübre uygulanmıştır.

Araştırmada mürdümük genotiplerine ait tohumların ham protein oranı, ADF, NDF, toplam sindirilebilir besin maddesi, sindirilebilir kuru madde, kuru madde alımı ve nispi yem değeri belirlenmiştir. Hasattan sonra öğütülen tohumlarda yaş yakma yöntemiyle azot miktarları tespit edilmiş, bulunan değer 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008). Öğütülmüş örneklerde ANKOM 220 Fiber Analyser cihazı yardımıyla ANKOM teknolojinin bildirdiği esaslara göre ADF ve NDF analizleri yapılmıştır (Anonim, 2017). Sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır (Horrocs & Vallentine, 1999).

$$\text{TSBM (\%)} = 82.38 - (0.7515 \times \% \text{ ADF}) \quad (1)$$

Formülde TSBM: Toplam sindirilebilir besin maddeleri, ADF: Asit deterjan fiber

$$\text{SKM \%} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF}) \quad (2)$$

Formülde SKM: Sindirilebilir kuru madde.

$$\text{KMT} = 120 / \% \text{ NDF} \quad (3)$$

Formülde KMT: Kuru madde tüketimi, NDF: Nötral deterjan fiber

$$\text{NYD} = \text{SKM} \times \text{KMT} / 1.29 \quad (4)$$

Formülde NYD: Nispi yem değeri.

Denemeden elde edilen bütün verilerin istatistiki analizleri SAS istatistik programında yapılmıştır. Analizden

istatistiki olarak önemli çıkan sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen sonuçlara göre, genotiplerin ortalama ham protein oranları %13.52-24.64 arasında değişmiş, en yüksek protein oranları GP242 (%24.64), GP248 (%24.08), GP207 (%23.98), GP135 (%23.88) ve GP234 (%23.55) genotiplerinde elde edilirken, en düşük oranlar GP225 (%13.52), GP224 (%17.17) ve GP180 (%18.39) nolu genotiplerde elde edilmiştir (Çizelge 1). Ham protein içeriği yem kalitesinin önemli bir göstergesi (Assefa & Ledin, 2001) olup, rumendeki mikroorganizma faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için yemlerde kuru maddenin en az %6.0 - 8.0'ı kadar ham protein olması gerektiği ifade edilmektedir (Van Soest, 1994). Mevcut çalışmada elde edilen ham protein oranlarının olması gereken oranların iki veya üç katı civarında olduğu tespit edilmiştir. Genotipin protein içeriği üzerindeki etkileri önemli olmakla birlikte protein oranları toprak ve ekolojiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çalışmada elde edilen ham protein içerikleri Başaran vd. (2011)'nin, elde ettiği değerlerle benzerlik göstermektedir.

Genotiplerin ADF oranları arasındaki farklılık da istatistiki olarak önemli bulunmuştur ve değerler %7.19 ile 10.22 arasında değişmiştir. En düşük ADF oranlarının tespit edildiği genotipler GP213 (%7.19), GP209 (%7.34), GP135 (%7.39) ve GP110 (%7.47) olmuştur. En yüksek ADF oranına sahip olan genotipler ise GP222, GP248, GP247, GP156 ve GP161 olmuştur (Çizelge 1). Çalışmada incelenen 120 genotip ve 4 çeşide ait NDF değerleri ise %11.52 ile 24.23 arasında değişmiş, en küçük değerler %11.52, 12.18, 12.26, 12.32 ile sırasıyla GP242, GP226, GP207, GP210 nolu genotiplerde belirlenmiştir. GP199, GP37, GP21 ve GP26 nolu genotipler en yüksek NDF oranlarına sahip olmuşlardır.

Ruminantlarda yem veriminin artırılması ve rumen sağlığı açısından oldukça önemli olan ADF ve NDF içeriklerinin çok yüksek olması arzulan bir özellik değildir (Tekce & Gül, 2014). Artan ADF oranları yemlerin sindirilebilirliğini azaltırken, artan NDF oranları hayvanların tok hissetmesini sağlayarak yem alımını ve yem kullanılabilirliğini sınırlamaktadır. Yüksek ADF ve NDF oranları yem alımını ve sindirilebilirliği olumsuz etkilediğinden genellikle ideal ADF ve NDF değerlerine sahip yemler tercih edilmektedir (Kiraz, 2011). Grela vd. (2010), bezelye tohumlarında ADF oranlarını %5.43 ile 9.46 arasında, NDF oranlarını %11.25 ile %18.92 arasında, Karadağ & Yavuz (2010) ADF oranlarını %5.24 ile 7.35 arasında, NDF oranlarını %10.18 ile 13.55 arasında bulmuşlardır. Hanbury vd. (2000), birçok araştırmacının sonuçlarını derlemiş ve ortalama ADF oranını %9.3, NDF oranını %15.6 olarak ifade etmiştir. Bu değerler çalışmada elde ettiğimiz değerlerle benzerlik göstermektedir. Genel olarak ADF ve NDF değerleri ile ruminant sindirimleri arasındaki negatif korelasyon olması nedeniyle hayvansal üretimde daha düşük ADF ve NDF değerleri tercih edilmektedir (Karadağ & Yavuz, 2010).

Genotiplerin toplam sindirilebilir besin maddeleri arasındaki farklılık da önemli bulunmuş ve ortalama değerler %88.16-92.07 arasında değişmiştir. En yüksek oranlar GP213 (%92.07), GP209 (%91.87), GP270 (%91.86) ve GP135 (%91.81) genotiplerinden elde edilirken, en düşük oranlar GP222 (%88.16), GP248 (%88.25) ve GP247 (%88.48) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada kullanılan genotiplerin sindirilebilir kuru madde oranları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamış, ortalama değerler %80.94 ile 83.30 arasında değişmiştir. Toplam sindirilebilir besin maddesi, yemin yapısında bulunan sindirilebilir besin maddelerinin toplamını ifade eder ve yemin ADF içeriğiyle yakından ilişkilidir. Otun ADF oranı arttıkça TSBM oranında bir azalma olur ki bu durum yemin sindirilebilirliğini önemli ölçüde azaltır (Aydın vd., 2010). Varyans analizi sonuçlarına göre genotiplerin kuru madde tüketimi değerleri arasında da önemli farklılıklar tespit

edilmiştir. Çalışmada kullanılan genotiplerin kuru madde tüketimi oranları %4.95 ile 10.42 arasında değişmiştir. En yüksek değerler GP242 (%10.42), GP226 (%9.85), GP43 (%9.79) ve GP207 (%9.79) genotiplerinde, en düşük değerler ise GP199 (%4.95), GP37 (%5.26) ve GP26 (%5.45) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Nispi yem değeri, kaba yemlerin alımını ve enerji değerini tahmin etmek için kullanılan bir indekstir. Bu indeks sindirilebilir kuru madde ve kuru madde alımı değerlerinden elde edilir. Genotiplerin nispi yem değerleri incelendiğinde genotipler arasında istatistiki bakımdan önemli farklılıkların olduğu, değerlerin 316.7-668.3 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek nispi yem değerleri 668.3, 629.5, 628.5 ve 624.4 ile GP242, GP226, GP207 ve GP43 genotiplerinden elde edilmiş, en düşük değerler ise GP199, GP37 ve GP26 nolu genotiplerden elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler
Table 1. Average values obtained in the study

Genotipler	Ham Protein Oranı (%)	ADF (%)	NDF (%)	TSBM (%)	SKM (%)	KMT (%)	NYD
GP2	20.79	7.99	15.22	91.03	82.68	7.88	505.2
GP6	21.79	8.04	14.17	90.97	82.64	8.47	542.4
GP7	21.19	8.17	14.64	90.80	82.54	8.20	524.3
GP10	21.76	7.71	14.53	91.40	82.89	8.26	530.6
GP11	21.87	7.78	14.35	91.31	82.84	8.36	536.9
GP12	19.35	7.58	14.80	91.56	82.99	8.11	521.6
GP13	20.10	7.88	14.94	91.18	82.76	8.03	515.0
GP14	19.95	7.82	15.09	91.25	82.81	7.95	510.2
GP17	20.09	9.58	14.33	88.98	81.44	8.37	528.5
GP18	23.53	7.50	12.97	91.67	83.06	9.25	595.6
GP19	19.34	9.87	14.79	88.61	81.21	8.11	510.7
GP20	23.37	9.16	21.47	89.53	81.77	5.59	354.2
GP21	22.70	8.90	22.04	89.86	81.97	5.44	345.8
GP22	23.46	9.19	18.31	89.48	81.74	6.55	415.2
GP23	19.96	8.81	15.23	89.98	82.04	7.88	500.9
GP26	21.91	8.59	22.03	90.26	82.21	5.45	347.0
GP27	21.69	8.50	13.97	90.37	82.28	8.59	547.8
GP29	19.92	7.81	21.55	91.27	82.82	5.57	357.4
GP30	21.71	8.51	16.21	90.37	82.27	7.41	472.2
GP34	21.69	7.95	14.36	91.09	82.71	8.36	535.6
GP35	21.28	8.34	17.83	90.58	82.40	6.73	429.8
GP36	21.88	8.58	14.79	90.28	82.22	8.11	516.9
GP37	22.06	8.65	22.81	90.19	82.16	5.26	335.0
GP38	22.25	8.72	20.90	90.09	82.11	5.74	365.4
GP40	22.37	8.06	13.57	90.94	82.62	8.84	566.2
GP41	22.52	8.14	13.34	90.84	82.56	9.00	575.6
GP42	20.25	8.58	15.14	90.27	82.22	7.93	505.0
GP43	23.29	8.45	12.26	90.44	82.32	9.79	624.4
GP44	21.82	8.06	17.12	90.94	82.62	7.01	448.8
GP45	20.93	9.45	17.62	89.15	81.54	6.81	430.4
GP47	20.44	8.60	14.96	90.25	82.20	8.02	511.0
GP49	18.94	8.39	16.67	90.52	82.36	7.20	459.5
GP53	22.51	7.70	15.12	91.41	82.90	7.94	509.9
GP58	20.73	7.52	15.75	91.64	83.04	7.62	490.3
GP59	21.24	7.79	14.97	91.29	82.83	8.02	514.6
GP60	20.29	8.59	15.13	90.26	82.21	7.93	505.3
GP61	20.74	8.66	15.26	90.17	82.15	7.86	500.7
GP74	19.19	8.43	18.39	90.47	82.33	6.53	416.4
GP75	20.32	8.32	16.20	90.61	82.42	7.41	473.3

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler (Devamı)
Table 1. Average values obtained in the study (Continued)

Genotipler	Ham Protein Oranı (%)	ADF (%)	NDF (%)	TSBM (%)	SKM (%)	KMT (%)	NYD
GP101	21.34	8.30	16.62	90.63	82.43	7.22	461.1
GP103	23.25	8.25	12.50	90.70	82.47	9.60	613.6
GP104	18.69	9.15	19.49	89.54	81.77	6.16	390.2
GP105	22.33	8.36	13.31	90.56	82.39	9.02	575.7
GP107	22.25	7.79	13.96	91.29	82.83	8.60	551.8
GP108	21.35	7.83	14.82	91.24	82.80	8.10	519.6
GP110	21.43	7.47	15.11	91.71	83.08	7.94	511.4
GP114	19.31	7.60	17.09	91.54	82.98	7.02	451.6
GP116	20.05	7.98	15.97	91.05	82.68	7.51	481.5
GP117	22.11	7.63	14.25	91.50	82.96	8.42	541.4
GP119	23.26	7.66	13.08	91.46	82.93	9.17	589.7
GP120	20.19	8.48	19.66	90.40	82.29	6.10	389.3
GP124	23.26	7.58	13.17	91.56	83.00	9.11	586.1
GP133	21.69	8.36	13.95	90.56	82.39	8.60	549.3
GP135	23.88	7.39	12.54	91.81	83.14	9.57	616.6
GP145	19.10	9.36	16.87	89.27	81.61	7.11	449.9
GP147	22.54	8.30	13.15	90.63	82.43	9.13	583.0
GP148	22.52	8.30	13.12	90.63	82.43	9.15	584.3
GP149	20.41	7.86	13.75	91.20	82.78	8.73	559.9
GP150	16.65	8.39	18.98	90.52	82.36	6.32	403.6
GP151	20.09	8.10	13.98	90.90	82.59	8.59	549.6
GP152	21.63	8.48	18.55	90.40	82.29	6.47	412.6
GP156	18.45	9.88	20.33	88.59	81.20	5.90	371.5
GP157	21.44	9.61	19.62	88.94	81.41	6.12	385.9
GP161	21.64	9.87	18.82	88.61	81.21	6.38	401.3
GP163	20.07	9.59	20.35	88.97	81.43	5.90	372.1
GP164	20.16	8.02	21.84	91.00	82.65	5.49	352.0
GP165	22.29	8.96	12.75	89.78	81.92	9.41	597.5
GP166	22.67	9.27	15.82	89.38	81.68	7.59	480.2
GP177	19.78	7.58	16.65	91.56	83.00	7.21	463.6
GP178	22.25	7.79	13.96	91.29	82.83	8.60	551.8
GP179	21.71	8.54	16.09	90.32	82.25	7.46	475.4
GP180	18.39	8.29	18.33	90.65	82.44	6.55	418.3
GP181	22.56	7.70	13.75	91.41	82.90	8.73	560.7
GP182	20.28	7.89	15.83	91.16	82.75	7.58	486.2
GP184	19.13	7.70	17.16	91.41	82.90	6.99	449.3
GP196	21.09	7.70	15.22	91.41	82.90	7.88	506.6
GP197	20.83	9.25	21.59	89.41	81.69	5.56	351.9
GP198	19.66	8.61	18.41	90.23	82.19	6.52	415.2
GP199	19.24	8.21	24.23	90.75	82.50	4.95	316.7
GP200	20.98	8.16	12.96	90.82	82.55	9.26	592.4
GP204	22.91	8.50	14.34	90.38	82.28	8.37	533.5
GP206	21.36	7.59	15.05	91.55	82.99	7.97	512.8
GP207	23.98	7.76	12.26	91.33	82.85	9.79	628.5
GP209	22.76	7.34	13.89	91.87	83.18	8.64	556.9
GP210	18.63	7.84	12.32	91.23	82.80	9.74	625.2
GP211	19.00	7.88	14.17	91.18	82.77	8.47	543.2
GP212	20.52	8.12	15.51	90.86	82.57	7.74	495.2
GP213	22.39	7.19	14.40	92.07	83.30	8.33	538.0
GP214	22.69	7.75	13.55	91.34	82.86	8.86	568.7
GP215	19.65	7.88	19.14	91.18	82.76	6.27	402.1
GP218	21.06	7.80	17.22	91.27	82.82	6.97	447.2
GP220	22.80	7.75	12.98	91.34	82.86	9.25	593.9
GP222	18.74	10.22	16.35	88.16	80.94	7.34	460.4
GP223	20.56	7.93	15.99	91.12	82.72	7.50	481.0
GP224	17.17	9.68	18.15	88.85	81.36	6.61	416.9
GP225	13.52	8.98	21.49	89.76	81.90	5.58	354.4
GP226	21.18	8.26	12.18	90.68	82.46	9.85	629.5

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen ortalama değerler (Devamı)
Table 1. Average values obtained in the study (Continued)

Genotipler	Ham Protein Oranı (%)	ADF (%)	NDF (%)	TSBM (%)	SKM (%)	KMT (%)	NYD
GP227	21.94	8.62	13.42	90.22	82.19	8.94	569.5
GP228	21.35	8.74	13.93	90.07	82.09	8.61	548.1
GP229	19.92	9.77	15.32	88.74	81.29	7.83	493.5
GP230	19.70	7.91	16.36	91.14	82.74	7.33	470.3
GP232	20.27	9.28	20.79	89.37	81.67	5.77	365.3
GP233	22.19	8.69	13.13	90.13	82.13	9.14	581.7
GP234	23.55	8.02	12.43	91.00	82.65	9.65	618.4
GP235	21.77	7.76	14.46	91.33	82.85	8.30	532.9
GP237	20.30	8.99	14.70	89.74	81.90	8.16	518.1
GP242	24.64	7.85	11.52	91.22	82.78	10.42	668.3
GP243	19.74	8.43	15.84	90.47	82.33	7.58	483.4
GP244	22.43	8.39	13.17	90.52	82.36	9.11	581.6
GP246	23.04	8.27	12.66	90.67	82.46	9.48	605.7
GP247	23.53	9.97	20.49	88.48	81.13	5.86	368.2
GP248	24.08	10.15	19.78	88.25	80.99	6.07	380.8
GP249	18.49	8.65	16.87	90.18	82.16	7.11	452.9
GP250	22.23	8.60	12.39	90.25	82.20	9.69	617.1
GP251	21.26	8.98	13.76	89.76	81.90	8.72	553.6
GP256	21.74	8.55	17.07	90.31	82.24	7.03	448.1
GP262	20.53	9.06	14.38	89.65	81.84	8.34	529.3
GP266	19.94	8.87	17.71	89.90	81.99	6.77	430.4
GP267	20.98	9.09	17.65	89.62	81.82	6.80	431.2
GP270	21.14	7.35	15.53	91.86	83.17	7.73	498.1
Gürbüz	22.32	8.38	13.30	90.53	82.37	9.02	576.0
Karadağ	21.07	7.81	16.47	91.27	82.82	7.29	467.6
İptaş	19.49	9.98	14.56	88.47	81.13	8.24	518.2
Corea	22.84	8.83	12.33	89.95	82.02	9.73	618.7
Min.	13.52	7.19	11.52	88.16	80.94	4.95	316.7
Maks.	24.64	10.22	24.23	92.07	83.30	10.42	668.3
Ort.	21.12	8.40	15.88	90.51	82.36	7.77	496.1
St. Sapma	2.13	0.77	2.27	2.42	1.86	1.68	65.11

4. Sonuç

Isparta şartlarında, bazı mürdümük genotiplerinin tohum kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmanın sonuçlarına göre; incelenen mürdümük genotiplerinin tohumlarında ham protein oranları %13.52-24.64, ADF oranları %7.19-10.22, NDF oranları %11.52-24.23, toplam sindirilebilir besin maddesi %88.16-92.07, sindirilebilir kuru madde %80.94-83.30, kuru madde tüketimi %4.95-10.42, nispi yem değeri 316.67-668.32 arasında değişmiştir.

Genotipler besin değeri ve kalite olarak karşılaştırıldığında, Isparta ili iklim ve toprak koşullarında "GP242, GP234, GP207, GP209, GP213 ve GP226" nolu mürdümük genotiplerinin diğer genotiplere göre daha üstün olduğu belirlenmiş, ıslah materyali olarak diğer çalışmalarda da kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın bir bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Taşkın Ahmet SÖNMEZ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden alınmıştır. Araştırmayı destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne (Proje No: 2021-YL1-0122) teşekkür ederiz.

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

- Anonim (2017). Analytical Procedures - Ankom Technicology. <http://www.ankom.com/analytical-procedures.aspx> (Son erişim tarihi: 07 Ağustos 2022)
- Assefa G., & Ledin, I. (2001). Effect of variety, soil type and fertiliser on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Animal Feed Science and Technology*, 92(1), 95-111.
- Aydin, N., Mut, Z., Mut, H., & Ayan, I. (2010) Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(10), 1539-1545.
- Başaran, U., Mut, H., Önal-Aşçı, Ö., Acar, Z., & Ayan, İ. (2011). Variability in forage quality of Turkish grass pea (*Lathyrus sativus* L.) landraces. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 9-14.
- Campbell, C. G., Mehra, R. B., Agrawal, S. K., Chen, Y. Z., Abl El Moneim, A. M., Kawaja, H. I. T., Yadav, C. R., Tay, J. U., & Araya,

- W. A. (1994). Current Status and Future Strategy in Breeding Grasspea (*Lathyrus sativus*). *Euphytica*, 73(1-2), 167-175.
- Das, N.R. (2000). *Lathyrus sativus* in Rainfed Multiple Cropping Systems in West Bengal, Indiaa Review. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 1, 25-27.
- Grela, E. R., Rybinski, W., Klebaniuk, R., & Matras, J. (2010). Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Genetic Resource and Crop Evolution*, 57(5), 693-701. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9505-4>
- Hanbury, C. D., White, C. L., Mullan, B. P., & Siddique, K. H. M. (2000). A review of the use and potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 87(1-2), 1-27.
- Horrocks, R. D., & Valentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. London, Academic Press.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- Karadağ, Y., & Yavuz, M. (2010). Seed yields and biochemical compounds of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) lines grown in semi-arid regions of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(49), 8343-8348.
- Kiraz, AB. (2011). Determination of relative feed value of some legume hays harvested at flowering stage. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(5), 525-530.
- Kumar, S. (1997). Utilization of lathyrus. *Lathyrus Genetic Resources Network*, December 8-10, New Delhi, 57-59.
- Noto, F., Poma, I., Gristina, L., Venezia, G., & Ferrotti, F. (2001). Bioagronomic and qualitative characteristics in *Lathyrus sativus* lines. *Proceedings 4th European Conference on Grain Legumes*, July 8-12, Cracow, 183.
- Talukdar, D. (2011). Morpho-Physiological responses of grass pea (*Lathyrus sativus*) genotypes to salt stres at germination and seedling stages. *Legume Research*, 34(4), 232-241.
- Tekce, E., & Gül, M. (2014). Ruminant beslemede NDF ve ADF'nin önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9(1), 63-73.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edition. New York. Cornell University Press.
- Talukdar, D. (2011). Morpho-Physiological responses of grass pea (*Lathyrus sativus*) genotypes to salt stres at germination and seedling stages. *Legume Research*, 34(4), 232-241.
- Tekce, E., & Gül, M. (2014). Ruminant beslemede NDF ve ADF'nin önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9(1), 63-73.
- Noto, F., Poma, I., Gristina, L., Venezia, G., & Ferrotti, F. (2001). Bioagronomic and qualitative characteristics in *Lathyrus sativus* lines. *Proceedings 4th European Conference on Grain Legumes*, July 8-12, Cracow, 183.
- Xu, Q., Liu, F., Jez, J.M., & Krishnan, H.B. (2017). β -N-oxalyl-L-2,3-diaminopropionic Acid (β -ODAP) Content in *Lathyrus sativus*, The integration of nitrogen and sulfur metabolism through β -Cyanoalanine Synthase. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(3), 526.



Ebeveyn Potansiyeli Yüksek Bazı Domates Hatlarının Verim ve Meyve Kalite Niteliklerinin Belirlenmesi

Kevser TOSUN^{1,2}, Hakan AKTAŞ^{1*}

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

²Enza Zaden Tarım Ar-Ge Taş. ve Tic. A.Ş. Sera Domates Islahı – Antalya -Türkiye

*Sorumlu yazar: hakanaktas@isparta.edu.tr

Alınış tarihi: 11/10/2022

Kabul tarihi: 10/11/2022

Anahtar Kelimeler: *Solanum lycopersicum*,
Likopen, *Meyve kalitesi*, *Genotip*,
Biyokimyasal içerik

DOI: 10.55979/tjse.1187438

Bu çalışma beef, salkım ve tekli özellik gösteren oturak ve sırık domates (*Solanum lycopersicum*) grubuna ait genotipler kullanılarak yapılmıştır. Genotiplerde morfolojik ve agronomik özellikleri değerlendirmek için; bitki başına verim verim, ortalama meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve kabuk rengi, meyve sertliği, SÇKM, titre edilebilir asitlik, pH, EC değerleri ve toplam fenolik, toplam antioksidan, vitamin C, likopen, β-karoten gibi özellikler bakımından tüm genotipler değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan genotiplerin bitki başına verimleri 1.20-5.24 kg/bitki arasında değişim gösterirken ortalama meyve ağırlıklarının 60.22-579.5 g arasında değiştiği görülmüştür. Çalışma sonucunda domates meyvelerindeki L* değerlerinin 34.43-45.68, a* değerleri 23.67-39.82, b* değerleri 15.62-46.84 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Meyvelerdeki, titre edilebilir asitliğin %0.21-0.56, pH'nın 3.70-4.81, SÇKM miktarının %2.50-4.91, C vitamini içeriğinin 5.48-15.39 mg/100g, likopen miktarının 3.90-12.89 mg/100g, β-karoten miktarının 0.65-3.10 mg/100g, toplam fenolik madde içeriğinin 0.74-3.13 mg/g, antioksidan kapasitesinin ise %22.61-67.11 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda özellikle meyve biyokimyasal özellikleri bakımından üstün olan genotiplerin belirlenmesi ve gen havuzundaki varyasyon dikkate alınarak, fonksiyonel besin niteliği piyasadaki diğer çeşitlerden daha üstün yeni ticari çeşitlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Determination of Production and Fruit Quality of Some Tomato Lines With High Parent Potential

ARTICLE INFO

Received: 11/10/2022

Accepted: 10/11/2022

Keywords: *Solanum lycopersicum*,
Lycopene, *Fruit quality*, *Genotype*,
Biochemical content

DOI: 10.55979/tjse.1187438

ABSTRACT

It was made by using genotypes belonging to the beef, cluster, and single-featured determinate and indeterminate tomato group in the gene pool of the Company. Genotypes were evaluated in terms of yield per plant, average fruit weight, yeast diameter, fruit skin color, fruit firmness, TSS, titratable acidity, pH, EC values, and properties such as total phenolic, total antioxidant, vitamin C, lycopene, β-carotene. The variation in the gene pool was observed by determining the genotypes that are superior in terms of biochemical properties. While the yields per plant of the genotypes in the study varied between 1.20-5.24 kg/plant, the average fruit weights varied between 60.22-579.5 g. L* values in tomato fruits varied between 34.43-45.68, a* values between 23.67-39.82, and b* values between 15.62-46.84. In fruits, titratable acidity is 0.21-0.56%, pH is 3.70-4.81, TSS is 2.50-4.91%, vitamin C content is 5.48-15.39 mg/100g, lycopene is 3.90-12.89 mg/100g, β-carotene is 0.65-3.10 mg/100g, total phenolic content of 0.74-3.13 mg/g and antioxidant capacity of 22.61-17% were determined. This study, it is aimed to determine the genotypes with superior fruit biochemical properties and to develop new commercial varieties with superior functional nutritional quality by using the variation in the gene pool.

1. Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum*) 24 kromozumlu diploid bir bitkidir (Bai & Lindhout, 2007). Dünya genelinde yetiştiriciliği oldukça yüksek olup Solanaceae (patlıcangiller) familyasına aittir. Tropik bölgelerde çok yıllık diğer bölgelerde ise tek yıllık olarak yetişebilen domates olgunlaşmış meyvesi tüketilen bir sebze türüdür. (Aybak & Kaygısız, 2004). Domatesin anavatanının Orta ve Güney Amerika olduğu bilinmekle birlikte ilk olarak Güney Amerika ülkelerinden Peru'da kültüre alındığı belirtilmiştir (Peralta & Spooner, 2005).

Domatesin, 'xitomate' veya 'zitotomate' kelimelerinden gelişerek Aztek dilinden kökenini aldığı ve Avrupa'ya Amerika'nın keşfinden sonra 15. yüzyılda geldiği (Yılmaz vd., 2018) buradan da Kuzey Amerika'ya ve tüm dünyaya

yayıldığına dair kayıtlar mevcuttur (Gould, 1983). Ülkemizde ise Birinci Dünya Savaşı yıllarında tanınmaya başladığı bilinmektedir (Kütevin & Türkeş, 1987; Vural vd., 2000). Türkiye'ye domatesin gelişi ilk olarak 19. yüzyılda Fransa'nın ardından Suriye üzerinden olmuştur (Yılmaz vd., 2018). Günümüzde tüm dünyada yetiştirilen bir kültür bitkisi olan domatesin üretimi ile tüketimi giderek artmaktadır (Durmuş vd., 2018).

Domatesin birçok yabancı ve kültüre alınmış uzak akrabaları mevcuttur. Yabancı türler arasında en önemlileri *S. peruvianum*, *S. chilense*, *S. chmielewskii*, *S. hirsutum*, *S. pimpinellifolium*, *S. cheesmaniae* ve *S. pennellii*'dir. Bu türlere ait çok fazla sayıda çeşit bulunmaktadır ancak *S. lycopersicum* bütün dünyada kabul edilmiş en önemli kültür türüdür. Birçok yabancı tür olan domates bitkisinin içerdiği tomatın gibi zehirli bileşikleri barındırması

islahının geç başmasına neden olmuştur (Günay, 2005). Ancak diğer kültür bitkilerine göre daha geç kültüre alınmış olmasına rağmen, taze tüketimin yanı sıra farklı tüketim şekillerine uygunluğu (salça, sos, ketçap, konserve, domates suyu, doğranmış ve kurutulmuş domates vb.) sayesinde tüketici boyutunda ürün çeşitliliği oluşturarak, yetiştiricilik dönemi dışında da bu ürünlerin tüketimine olanak sağlamakta (Büyükbay vd., 2009) ve bu sebeple günümüzde dünyada en çok üretimi, tüketimi ve ticareti gerçekleştirilen sebze türlerinin başında gelmektedir (Keskin & Gül, 2004).

Beslenme alanında önemli bir sebze türü olan domates açıkta ve örtüaltında yılın her döneminde yetiştirilme olanağına sahip olmasıyla dünya genelinde ekonomik açıdan da önemli bir konumdadır. Açık ve örtüaltı yetiştiriciliği ile dünyada, 57.2 milyon hektar alanda 1.1 milyar/ton yaş sebze üretimi içinde, yaklaşık 182 milyon/tonluk üretimle en çok yetiştirilen tür olarak ilk sırayı almaktadır (FAO, 2021).

Domatesin kültüre alınıp dünyaya yayıldığı yer Avrupa olmasına rağmen günümüzde Türkiye, Çin, Hindistan, ABD gibi ülkeler dünyanın en önemli domates üreticilerindedir ve Avrupa ülkelerini bu anlamda geride bırakmış durumdadırlar. Dünya genelinde domates üretiminde, Çin 62.8 milyon tonluk üretimi ile açık ara lider konumdadır. Hindistan 19 milyon tonluk üretimi ile ikinci sırada gelir iken Türkiye yaklaşık 13 milyon ton ile üçüncü ve ABD 10.9 milyon tonluk üretim miktarıyla dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2021).

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme yeri ve materyal

Çalışmada materyal olarak Enza Zaden Tarım Ar-Ge Şirketi'nin gen havuzunda mevcut beef, salkım ve tekli özellik gösteren domates genotipleri kullanılmıştır. Bu kapsamda bitkisel materyal Enza Zaden Türkiye (EZTR), Hollanda ve İspanya genetik havuzundaki farklı kademelerinde olan hatlar içerisinde oturak, sırk grubuna ait iri tip (beef), salkım ve tekli özellik gösteren genotipler, domatesde lezzet ve aroma bakımından etkin olduğu düşünülen; old-gold crimson (*ogc*), old-gold (*og*), *hp-1* ve *hp-2* genlerinin varlığına yönelik spesifik markerlere göre test edilmiş ve seçilmiştir.

Çalışmadaki bitkisel materyaller Antalya ilinin Serik ilçesine bağlı Yukarıkocayatak köyünde Enza Zaden Tarım Ar-Ge Taş. ve Tic. şirketine ait 36° 57' 6" kuzey enlemi, 30° 57' 42" doğu boylamı arasında bulunan ve yaklaşık olarak deniz seviyesinden 16 m yükseklikte yer alan plastik seralarda yetiştirilmiştir.

2.2. Denemenin kurulması

2.2.1. Hatların tohum ekimleri

12.01.2021 tarihinde belirlenen genotiplerin tohumları 2:1 torf:perlit ortamı hazırlanarak 150'lik viyoller içerisine ekilmiştir. Ekim işlemi el ile ve her bölmeye bir tohum gelecek şekilde yapılmıştır. Ekim işlemi tamamlanınca viyoller çimlenme odasına alınmış 2-3 gün bekletildikten

sonra fidelik bölümüne alınmıştır. Fideler 3-4 gerçek yapraklı hale gelinceye kadar bu bölümde bekletilmiş ve gerekli bakım işlemleri yapılmıştır.

2.2.2. Uygulama serasının hazırlığı ve fide dikimi

1152 m² plastik örtü malzemeli seralarda toprak deneme öncesi solarizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Solarizasyon öncesi 3-4 ton/da çiftlik gübresi uygulanmış ve sürüm işlemleri yapılmıştır. Solarizasyon için dekara/100lt metam sodyum uygulaması yapılmıştır. Solarizasyon işleminden sonra üstten 1 kg/da olacak şekilde ortam dezenfeksiyonu uygulanmıştır. Dikim öncesi seraya sarı ve mavi tuzaklar asılarak sera dikime hazır hale getirilmiştir. Dikim yerleri tahtaya dikim şekline göre hazırlanmış olup çift iki sıra arası 100 cm, çift sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 40 cm olarak ayarlanmıştır. Denemenin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için mevcut serada kontrol blokları da oluşturulmuştur.

3-4 gerçek yapraklı aşamaya gelen fidelerin sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 40 cm olacak şekilde yetiştirme ortamı toprak olan seraya dikimleri yapılmıştır.

Genotipik materyal tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde her genotipten 10 adet bitki olacak şekilde dikilmiştir. Deneme süresince kültürel işlemler bir yandan devam ederken (ipe alma, dolama, budama gibi), bitki ve meyvede yapılacak ölçüm ve gözlemler de bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Denemede gübreleme ve sulama işlemleri damlama sulama yapılarak gerçekleştirilmiştir.

2.3. Deneme yerinin iklim ve toprak özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü yerde aylık ortalama sıcaklık 18.9 °C, ortalama nispi nem %73.1, minimum sıcaklık ortalaması 7.23 °C, maksimum sıcaklık ortalaması 34.36 °C, minimum nispi nem %28.66 ve maksimum nispi nem %92.7 olarak belirlenmiştir. Deneme sürecinde en yüksek aylık ortalama sıcaklık değeri Mayıs (21.7 °C) ayında, en yüksek ortalama nispi nem miktarı ise Nisan (%75.52) ayı olarak kaydedilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü plastik serada yapılan toprak analiz sonuçlarına göre killi tınlı tekstür grubuna sahip olan toprak pH'sı hafif alkali olup EC değerleri bakımından yetiştiricilik için uygun sınırlar içerisinde ve tuzsuz topraklar sınıfında yer alırken, organik madde içeriği az olan toprakların çok kireçli olduğu belirlenmiştir.

Güneş vd. (1996)'nin vermiş olduğu sınırlar dikkate alındığında, sözü edilen toprakların makro element içeriklerinden N ve Mg yeterli seviyelerde bulunurken P, K ve Ca yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Mikro elementler grubuna ait Mn, Cu, Fe yüksek seviyede bulunurken Zn çok yüksek miktarlarda saptanmıştır.

2.4. Araştırmada incelenen özellikler

2.4.1. Bitki başına verim

Meyveler kırmızı olum aşamasında hasat edildikçe tartılarak bitki başına verimleri (kg) hesaplanmıştır.

2.4.2. Ortalama meyve ağırlığı

Her tekerrürden o genotipi temsil edecek meyvelerin ağırlığı tartılarak ortalamasının alınmasıyla ortalama meyve ağırlığı hesaplanmıştır.

2.4.3. Ortalama meyve çapı

Her tekerrürden genotipi temsil edecek meyvelerin ekvatorial kesimleri dijital kumpas yardımıyla ölçülerek, değerlerin ortalamasının alınmasıyla meyve çapı belirlenmiştir.

2.4.4. Meyve kabuk rengi

Domates meyvelerinin kabuk rengini belirlemek amacı ile her tekerrürden o tekerrürü ve bitkiyi temsil edecek şekilde meyvenin her iki yüzeyinden meyve sapına yakın kısımlardan el tipi taşınabilir dijital, PCE-CSM 1 marka renk ölçer ile CIE L* (parlaklık), a* (kırmızılık), b* (sarıklık) ve renk değişimleri Chroma (C*), hue açısı (h°) değerleri cinsinden ölçülerek belirlenmiştir (Mc Guire, 1992).

2.4.5. Meyve sertliği

Her tekerrürden o genotipi temsil edecek meyvelerin sertliği her meyvenin ekvatorial bölgesinin iki tarafından PCE-FM 200 marka el tipi dijital penetrometre ile 6 mm'lik uç kullanılarak ölçülmüştür (Ağar vd., 1997). Sonuçlar 'New' olarak ifade edilmiştir.

2.4.6. Suda çözünebilir kuru madde miktarı

Domates meyvelerinin suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) içeriğini belirlemek amacı ile meyveler katı meyve sıkacağı yardımıyla püre haline getirilip pasteur pipeti yardımı ile suyu alındıktan sonra MT-032A T.C model el tipi taşınabilir refraktometre kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar % olarak belirlenmiştir.

2.4.7. Meyve suyu pH miktarı

Meyvelerin pulp haline getirilmesi ve süzülmesi sonrasında elde edilen meyve suyunda pH, Milwaukee marka MW150 model cam elektrotlu dijital pH metre kullanılarak ölçülmüştür.

2.4.8. Meyve suyu EC miktarı

Meyvelerin pulp haline getirilmesi ve süzülmesi sonrasında elde edilen meyve suyunun elektriksel iletkenliği EC metre ile ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak verilmiştir.

2.4.9. Titre edilebilir asit miktarı (TA)

Katı meyve sıkacağı yardımıyla çıkartılan meyve suyundan (tekerrürde 3 adet meyve) 10 mL alınmış ve 0.1 N'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile pH değeri 8.1 oluncaya kadar Milwaukee marka MW150 model pH metre kullanılarak titre edilmesi ile belirlenmiştir. Sonuçlar harcanan baz (NaOH) üzerinden sitrik asit cinsinden

aşğıdaki formüle göre hesaplanmış ve % olarak verilmiştir (Cemeroğlu, 1992).

$$A = [(S \times N \times F \times E / C) \times 100] \quad (1)$$

A=Asit miktarı

S=Kullanılan sodyum hidroksit miktarı (mL)

N=Kullanılan sodyum hidroksit normalitesi

F=Kullanılan sodyum hidroksit faktörü

C=Alınan örnek miktarı (mL)

E=İlgili asidin equivalent değeri (sitrik asit için 0.064 g)

2.4.10. Askorbik asit (C vitamini) tayini

100 g örnek ağırlığına eşit miktarda %2'lik oksalik asit çözeltisi eklenerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Bu karışımdan 30 g alınarak %2'lik oksalik asit çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Örnekler iyice çalkalandıktan sonra filtre edilmiştir. Filtre edilen örneklerden 10 ml alınarak 2,6 diklorofenolindofenol çözeltisi ile pembe renk oluşana kadar titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14). Örneklerdeki askorbik asit miktarı aşğıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 1992).

$$\text{Askorbik Asit (mg/100g)} = V \times F \times 100 W \quad (2)$$

V: Titrasyonda harcanmış olan 2,6 diklorofenolindofenol çözeltisi miktarı (ml)

F: 2,6 diklorofenolindofenol çözeltisinin faktörü, yani bu çözeltinin 1 ml'sinin eşdeğer olduğu askorbik asit miktarı (mg)

W: Titrasyonda kullanılan filtratın içerdiği örnek miktarı (g)

2.4.11. Likopen ve β-karoten tayini

Ekstraksiyon hazırlığı için 1'er g'lık domates örnekleri 16 ml aseton: hekzan karışımı (4:6) ile homojenizatörde 2 dk boyunca homojenize edilmiştir. Hazırlanan ekstraksiyonun üst kısmındaki hekzan fazı mikropipet yardımı ile alınarak spektrofotometrede 663, 645, 505 ve 453 nm dalga boylarında okumalar yapılmıştır. Okumalar tamamlandıktan sonra likopen ve β-karoten miktarları Nagata & Yamashita (1992)'e göre hesaplanmış ve sonuçlar mg/100g olarak ifade edilmiştir.

2.4.12. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde miktarını belirlemek amacı ile 5 g meyve örneği alınarak üzerine 25 mL metanol eklenmiştir. Daha sonra homojenizatörde 2 dk boyunca homojenize edilerek ekstraksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Homojenize edilen örnekler karanlık koşullarda 16 saat +4 °C'de (buzdolabında) beklemeye bırakılmıştır. Örnekler 10 000 rpm'de 20 dk santrifüj edilmiş ve üst kısım kaba filtre kağıdından süzümüştür. Elde edilen süpernatantlar mikropipet yardımı ile alınarak falkon tüplerine aktarılmış analize kadar +4 derecede saklanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı modifiye edilmiş Folin Ciocaltau

kolorimetrik yöntemine göre spektrofotometre yardımı ile belirlenmiştir (Swain & Hillis, 1959). Ekstrakte edilen örneklerden; 150 µL alınmış ve üzerine 2400 µL saf su + 150 µL Folin Ciocaltau çözeltisi ilave edilmiştir. 30-40 sn vortekslenerek ve 3-4 dk bekletilmiştir. 300 µL %20'lik sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi eklenerek karanlıkta oda koşullarında 2 saat beklemeye bırakılmış ve daha sonra 725 nm'de spektroda okumalar yapılmıştır. Gallik asidin farklı konsantrasyonları ile hazırlanan standart çözeltiler kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir ve toplam fenolik madde içeriği mg/g olarak ifade edilmiştir.

2.4.13. Toplam antioksidan madde miktarı

Toplam antioksidan madde miktarını belirlemek amacı toplam fenolik madde tayini için hazırlanan stok halindeki ekstratlar kullanılmıştır. Toplam antioksidan madde miktarı (serbest radikalleri indirgeme kapasitesi) DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu modifiye edilerek spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. DPPH radikal süpürücü aktivite tayini Brand-Williams vd. (1995), tarafından bildirilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre 0.2 mM'lık DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 7.94 mg DPPH tartılıp 50 ml metanolde çözdürülmüştür. Bu işlem karanlık koşullarda alüminyum folyo kaplı cam tüpte yapılmış ve her analiz öncesi taze olarak hazırlanmıştır.

Analiz için 10 ml'lik test tüplerinin, her birine 1 ml DPPH çözeltisi eklenmiş ve örnek ekstraktan 200 mikrolitre alınarak, içlerine radikal çözeltisi bulunan tüpler üzerine ilave edilmiştir. Tüp içeriklerinin toplam hacmi 2 ml'ye %80'lik metanol ile tamamlanmıştır. Tüpler 20-30 saniye vortekslenmiş ve oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dk inkübasyona bırakılmıştır.

Şahit örnek, 1000 mikrolitre DPPH radikal çözeltisi üzerine 1 ml metanol eklenerek hazırlanmış ve oda sıcaklığında karanlıkta 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi dolduktan sonra, spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda ekstrakt ve şahidin absorbans değeri okunmuştur. Aşağıdaki formül kullanılarak DPPH radikalini süpürme aktivitesi reaksiyonu inhibe etme yüzdesi hesaplanmıştır;

$$\% \text{inhibisyon} = (A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}} \times 100 \quad (3)$$

A: Absorbans değeri

Yukarıdaki eşitliğe göre belirlenen inhibisyon değerleri, örnek hacimlerine karşı bir grafiğe aktarılıp lineer regresyon analizi uygulanarak örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılır. Bu eşitlik kullanılarak da örneğe ilişkin EC50 değeri hesaplandı ve sonuçlar EC50 (%) olarak ifade edildi. Bu değer "ortamda bulunan DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden antioksidan madde konsantrasyonu" olarak ifade edilmektedir. Bu değer ne kadar küçük ise, antioksidan aktivite o kadar yüksek olmaktadır.

A_{DPPH}: Şahit örneğin absorbans değeri, A_{ekstrakt}: Örnek ekstraktının absorbans değeri.

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Denemeden elde edilen veriler Minitab (17) programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi kullanılarak belirlenmiş ve bulunan farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki başına verim

Genotiplerde verim değerlendirilmesi 7 salkım üzerinden yapılmış olup yapılan varyans analizi sonucunda genotiplerin verimleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Tukey testi sonuçları incelendiğinde verim (kg/bitki) parametresine ait en yüksek ortalamaya 5.24 kg/bitki ile salkım tipli genotip TBT2132 sahip iken bunu TBT2186 (4.89), TBT2168 (4.89), TBT2106 (4.86), TBT2144 (4.76), TBT2181 (4.71), TBT2158 (4.71) genotipleri takip etmektedir. En düşük ortalamalar ise TBT2133 (1.20), TBT2148 (1.50), TBT2145 (1.56), TBT2184 (1.63), TBT2165 (1.88), TBT2152 (1.91) genotiplerinde saptanmıştır (Çizelge 1). Ateş (2014)'in domateste yürüttüğü çalışmada bitki başına verim değerlerinin 2.44-7.02 kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Bizim bulgularımız daha önce yapılan çalışmalara benzerlik gösterse de yapılan literatür taraması sonuçlarına göre verim değerlerinin domates tiplerine ve yetiştiricilik koşullarına göre değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır.

3.2. Ortalama meyve ağırlığı

Tukey testi sonuçları incelendiği zaman ortalama meyve ağırlığı parametresi yönünden genotipler arasında en yüksek ortalama meyve ağırlığı 529.56 g ile beef segmentinde olan TBT2161'e ait iken bunu sırasıyla yine aynı segmentte yer alan TBT2125 (340 g), TBT2150 (339.3 g) ve TBT2126 (313.6 g) hatlarının izlediği görülmektedir. Bu özellik bakımından genotipler arasında en düşük değere 60.22 g'lık ortalama ile kokteyl tipindeki TBT2116 genotipi sahip olmuştur (Çizelge 1).

Turhan & Şeniz (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, genotipler arasında ortalama meyve ağırlıkları en yüksek 332.45 g ve 328.75 g iken, en düşük ortalama meyve ağırlığı 18.18 g olarak belirlenmiştir. Kuzucu vd. (2004), tarafından yapılan bir çalışmada, meyve ağırlıkları, Uno (52.8 g) ve Rio Grande (78.73 g) sanayi çeşitlerinde 52.8-8.3 g, sofralık çeşit olan H-2274 de ise 97.07 g olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Paksoy (2003)'da farklı çeşitlerin ortalama meyve ağırlıklarının 55.3-118.5 g aralığında olduğunu bildirmiştir. Sera domates çeşitleri ile yapılan çalışmalarda ise, ortalama meyve ağırlıkları 95.02 g (Ganesan & Subashini, 2001), 130-125 g (Şen vd., 2004) olarak belirlenirken sanayi domatesinde yapılan çalışmalarda ortalama meyve ağırlıklarının 53.0 g (Campos vd., 2006), 33-54 g (Moraru vd., 2004), arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yapılan benzer çalışmalarda ortalama meyve ağırlıklarının 15.5-324.25 g (Aoun vd., 2013), 22.33-58.67 g (Kathayat vd., 2015), 47.16-112.50 g (Singh & Goswami, 2015) arasında değiştiği

belirlenmiştir. Çalışmamızın sonucunda genotiplerimizin meyve ağırlıklarının 60.22-529.56 g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan diğer araştırma sonuçlarından da anlaşıldığı üzere farklı araştırmalardan farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumun yetiştirilen çeşitlere ve yetiştiricilik şartlarına bağlı olarak değişim gösterebildiği anlaşılmaktadır. Bizim araştırmamızda da verimde meydana gelen farklılık yetiştirilen tiplerin çok farklı segment tiplerden kaynaklı olabileceği şekliyle açıklanabilmektedir.

3.3. Meyve sertliği

Meyve sertliği bakımından genotiplerin ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 2 incelendiğinde TBT2103 numaralı tekli meyve tipine sahip genotip 30.97 N (Newton) ortalaması ile ilk sırada yer alırken meyve sertliği bakımından en düşük değer ise 11.65 N ile tekli pembe tipindeki TBT2152 genotipinde belirlenmiştir.

Meyve sertliği meyve kalite göstergesi olarak kullanılmakta olup tüketicilerin satın alma kararını verdikleri özellikler arasında bulunmaktadır (Burton, 1982). Domatesin tekstürel özelliği (meyve eti sertliği ve kabuk direnci) depolama, dağıtım ve olgunluk süresince değişim göstermekte ve bu durum domateslerin mekanik zedelenmelere karşı hassasiyetini arttırabileceği için ve önemli bir sorun oluşturabilmektedir (Batu, 2004). Çalışmamızda genotiplerimizin meyve sertliği değerleri 11.67-30.97 N arasında değişmiştir. En yüksek meyve sertliği değeri 30.97 N tekli özellik gösteren TBT2103 genotipinde ve en düşük meyve sertliği değeri 11.67 ile yine tekli özellikteki TBT2152 genotipinde ölçülmüştür. Moraru vd. (2004), sanayilik 10 domates çeşidinin karakterizasyonunu yaptıkları çalışmada meyve eti sertliğinin 7.21-10.94 N/mm² arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gonzalez-Cebrino vd. (2011), organik üretim koşullarında yedi yerel domates genotipin karakterizasyonunu yaptıkları çalışmada meyve eti sertliğinin 1.08-6.47 N/mm² arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ünal (2021), domates genotiplerinin karakterizasyonunu yaptıkları çalışmada, genotiplerin g meyve olum dönemindeki sertliğini ortalama 24.41-33.26 N şeklinde olduğunu belirlemiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde meyve sertliğinde olgunlaşma aşamalarının ve yetiştiricilik şartlarının etkisi görülmektedir. Bu araştırma sonuçlarına göre meyve sertliği üzerine yetiştiricilik koşullarının etkisi yanında yüksek oranda genotipik farklılığın olduğu anlaşılmaktadır.

3.4. Meyve kabuk rengi

Renk ölçümlerinin değerlendirmesinde L* değeri parlaklığı, + a* değeri kırmızı, - a* değeri yeşil, + b* sarı ve - b* değeri mavi rengi temsil etmektedir.

Çalışmamızdan elde edilen L* değerleri 34.43 ile 45.68 arasında değişmiş olup farklı araştırmacıların domates üzerine yaptıkları çalışmalarda ise L* değerleri 36.95-45.68 (Borghesi vd., 2011), 40.56-45.07 (Gözükara & Kaplan, 2017), arasında değişerek çalışmamıza benzerlik

gösterdiği belirlenirken yapılan bir diğer çalışmaya göre 32.00-38.60 (Bhandari vd., 2016), mevcut genotiplerimizin L* değeri aralıklarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yine domates meyve kabuk rengi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde a* değerlerinin, 24.70-34.29 (Viskeli vd., 2015) aralığında değiştiği görülüp yaptığımız bu çalışmada ise a* değerleri 23.77-39.82 aralığında değişmektedir. Bir diğer çalışmada a* değerleri 21.10-25.00 (Hernandez vd., 2007), aralığında olup mevcut materyalin a* değerlerinin bu kaynağa göre daha yüksek olduğu görülmekte ve genotiplerimizin daha koyu kırmızı renge sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Bir diğer renk özelliği olan b* değerlerinin 7 domates çeşidinde incelendiği çalışmada değerler 13.80-27.00 (Bhandari vd., 2016) aralığında bulunup, Regina domates çeşidi ile yapılan araştırma sonucunda b* değerinin 30.3-41.0 (Renna vd., 2018) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Genotiplerimizin b* değerleri ise 15.62-46.84 arasında değişim gösterirken çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, önceki çalışmalarla paralellik göstermiştir (Çizelge 3).

3.5. Suda çözünebilir kuru madde miktarı

Domateste önemli meyve kalite niteliklerinden bir diğeri olan SÇKM miktarı ile tat ve lezzet arasında doğrusal bir ilişki olduğu bilinmektedir (Cemeroğlu vd., 2009). Hanson vd. (2004), domates meyvelerinin antioksidan aktivitesi ve antioksidasyonların varyasyonu belirlemek amacıyla yapılmış oldukları bir çalışma sonucunda SÇKM değerlerinin %3.6-8.6 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Giorio vd. (2007)'de domates genotipleri üzerinde yaptıkları çalışmada SÇKM değerlerinin %3.96 ile %4.36 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Domateste verim ve meyve kalite niteliklerinin genetik incelemesi üzerine yapılan bir çalışmada genotiplerin SÇKM miktarlarının %4.36-5.98 arasında değiştiğini belirlemişlerdir (Al-Aysh vd., 2012). Yine farklı domates genotiplerinde yapılan araştırmalar sonucunda SÇKM değerlerinin %3.50-6.03 (Pal vd., 2018), %3.12-4.71 (Raj vd., 2018) arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çizelge 4'ten görüldüğü üzere yaptığımız çalışma sonucunda mevcut materyalimizin SÇKM değerlerinin %2.50-4.91 arasında değişim gösterdiği ve SÇKM üzerine genotipik faktörlerin etkili olduğu görülmüştür.

3.6. Meyve suyu pH değerleri

Meyve suyu pH'sı, tat ve aroma nitelikleri yönünden önemli bir yer tutmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada meyve suyu pH değerlerinin çeşit iriliğine göre 3.70-4.81 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4).

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda pH değerlerinin 3.8-4.5 (Agong vd., 2001), 4.13-4.60 (Frusciante vd., 2007), 4.12-4.35 (Turhan vd., 2011), 3.41-4.59 (Dar vd., 2012), 4.19-4.49 (Aoun vd., 2013), 4.37-4.58 (Figueiredo vd., 2017), 4.11-5.46 (Kumar vd., 2016), 4.1-4.6 (Liu vd., 2017), 4.24-4.49 (Peixoto vd., 2018), 3.75-4.50 (Acharya vd., 2018), arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulguların

literatüre yakınlık gösterdiği görülürken meyve suyu pH değerlerinin domates tiplerine göre önemli değişim göstermediği bulgusuna ulaşılmıştır.

3.7. Titre edilebilir asitlik miktarı

Domateste olgunluk ilerledikçe lezzet gelişmektedir. Olgun domateslerin lezzetini organik asitler, pigmentler ve 400'ü aşkın aroma komponenti vermektedir (Cemeroğlu vd., 2003). Domateste lezzet üzerine etkili olan titre edilebilir asitlik miktarını belirlemek amacıyla 4 domates genotipinin değerlendirildiği bir çalışmada değerlerin %0.35-0.46 arasında değiştiği bulunmuştur (Stommel vd., 2005). Domates genotipleri ile yapılan diğer çalışmalarda titre edilebilir asitlik değerlerinin %0.28-0.49 (Kumar vd., 2016), %0.27-0.75 (Ruggieri vd., 2014), %0.27-0.37 (Sio vd., 2018) arasında olduğu tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışma sonucunda genotiplerimizin titre edilebilir asitlik değerlerinin %0.21-0.56 olarak belirlendiği ve sonuçlarımızın yapılan diğer çalışmalarla desteklendiği görülmektedir (Çizelge 4).

3.8. Meyve suyu EC miktarı

Domates meyvelerinde EC değeri, meyve içindeki elektriksel iletkenliğin sebebi ve mevcut besin elementlerinin konsantrasyonudur. Meyvede besin elementi içeriğine etki eden birçok faktör vardır. Bunlar; topraktaki besin elementi miktarı ve dağılımı, ekolojik faktörler, toprak tuzluluğu ve genotipik özelliklerdir. Yerel domates genotiplerinin seleksiyonu ve morfolojik karakterizasyonu üzerine yapılan bir çalışmada meyve suyu EC değerlerinin 3.46-5.08 mS/cm (Kurt, 2019) olduğu görülürken farklı çalışmalarda ise 4.89-5.86 mS/cm, 3.05-4.72 mS/cm (Demirtaş vd., 2013; Demirtaş vd., 2016), arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızın sonucunda genotiplerin EC değerleri 2.26 mS/cm ile 6.41 mS/cm arasında değiştiği (Çizelge 4) belirlenmiş olup bulgularımızın literatüre yakınlık gösterdiği anlaşılmaktadır. Yapılan literatür taraması sonuçlarından anlaşılabacağı üzere meyve suyu EC değerine genotipik etkiden ziyade yetiştiricilik sırasında yapılan kültürel uygulamaların olduğu anlaşılmaktadır.

3.9. Vitamin C miktarı

Domatesin besin öğelerinin ve meyve biyokimyasal içeriklerinin (iç kalite özellikleri) başında C vitamini kapasitesi, antioksidan içeriği, fenolik madde miktarı, likopen ve β -karoten içerikleri gibi kalite nitelikleri gelmektedir.

Domateste vitamin C kapasitesinin belirlenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda vitamin C miktarlarının 15-21 mg/100g (Abushita vd., 2000), 8.40-32.40 mg/100g (George vd., 2004), 8.0-15.6 mg/100g (Frusciante vd., 2007) olduğu belirlenirken iri ve kiraz domates tipindeki domatesler üzerinde yapılan bir başka çalışmada vitamin C miktarının 8.26-22.54 mg/100g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Bhandari vd., 2016). Yaptığımız çalışma sonucunda genotiplerimizin vitamin C içerikleri 5.48-15.39 mg/100g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5). Çalışmamızın sonuçları yukarıda belirtilen araştırmacı bulgularıyla uyum göstermektedir, diğer

yandan Hanson vd. (2004)'nin yaptığı çalışmada vitamin C değerleri 11.6-39.7 mg/100g aralığında olup, bu çalışmada kullanılan genotiplere göre oldukça yüksektir.

3.10. Toplam fenolik madde miktarı

Mevcut çeşitlere göre üstün özelliklere sahip kaliteli çeşitler elde edebilmek amacıyla ilerlemiş domates hatlarının (22 adet) meyve kalite ve antioksidan kapasitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada hatların toplam fenolik madde miktarının 0.60-1.14 mg/g (Pal vd., 2018) arasında değiştiği belirlenirken, diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise toplam fenolik madde miktarlarının 0.11-0.24 mg/g (Ilahy vd., 2011) ve 2.03-3.93 mg/g (Kavitha vd., 2013) aralığında olduğu tespit edilmiştir. Doğan (2019), erkenci domates genotipleri üzerinde yürüttüğü çalışmasında genotiplerin toplam fenolik madde miktarlarının 0.31-0.97 mg/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda incelenen genotiplere ait toplam fenolik madde miktarlarının 0.74-3.13 mg/g arasında değiştiği belirlenmiş olup mevcut çalışmalara yakınlık gösterirken fenolik madde içeriğine genotipik etkinin çok önemli olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 5).

3.11. Likopen ve β -karoten miktarı

Likopen ve β -karoten olgun domates meyvelerinde önemli miktarda biriken bir karotenoid olup doğrudan meyve rengini etkileyen renk pigmentlerindedir.

Stahl & Sies (1996), 100 g domates meyvesinin 0.72-20 mg aralığında likopen içerdiğini bildirmektedir. Domateste likopen ve bazı karotenoidler üzerine yapılan çalışmalarda domates kabuğunda 12 mg/100g likopen bulunurken bütün domateste ise bunun 3.4 mg/100g ile 11 mg/100g (McCullum, 1995; Sharma ve Le Maguer, 1996) arasında değiştiği görülmektedir.

Literatürden anlaşılabacağı üzere likopen miktarı meyvenin ölçüm yapılan kısmına ve renklenmesine göre değişim gösterebilmektedir. Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda domates likopen içeriğinin 2.5 ile 20 mg/100g olduğunu bildirirken (Takeoka vd., 2001; Dewanto vd., 2002; Seybold vd., 2004; Pal vd., 2018). Macar, Hint ve İspanyol domateslerinde bu miktarın 1-11 mg/100g (Abushita vd., 2000; Martinez-Valverde vd., 2002; George vd., 2004) arasında değiştiği bildirilmiştir. Doğan (2019), tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise erkenci domates hatlarının likopen içeriğinin 1.6-4.09 mg/100g arasında değiştiğini belirlemiştir. Sonuç olarak bizim elde ettiğimiz bulgular 3.90-12.89 mg/100g arasında değişim göstermekte olup mevcut bildirişlere yakınlık göstermektedir. Aynı zamanda yaptığımız analiz sonuçlarına göre literatüre kıyasla *ogc*, *og* genlerine sahip olan hatlarımızın likopen içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir (Pal vd., 2018).

Yeşil olum döneminde hasat edilen meyvelerde yapılan analizler sonucunda β -karoten 1.17 μ g/g olarak belirlenmiş, olgunlaşmanın artması ile β -karoten miktarının arttığını, kırmızı olum döneminde ise 2.5 μ g olduğu belirlenmiştir (Meredith & Purcell, 1966). Yapılan diğer çalışmalarda ise β -karoten değerlerinin 1.09-2.53

mg/100g (Dar & Sharma., 2011), 0.28 mg/100g (Frusciante vd., 2007) olduğu belirlenmiştir. Genotiplerimizin β -karoten içerikleri bu bildirişlere yakınlık göstermekte olup 0.65-3.01 mg/100g arasında değişmektedir (Çizelge 6).

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen örtüaltı ve laboratuvar çalışmaları ile oturak ve sırık domates grubuna ait beef, salkım ve tekli özellik gösteren domates genotipleri meyve kalite nitelikleri yönünden değerlendirilmiş ve bu yönden üstün olan genotipler belirlenmiştir. Başka bir deyişle, bu çalışma sayesinde mevcut genetik materyali, gittikçe önem kazanan meyve kalite özellikleri bakımından tam anlamıyla tanımamıza olanak sağlanmıştır. Çalışma sonucunda incelenen, tüm kalite nitelikleri yönünden genotipler arasında geniş varyasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda

yürüttüğümüz çalışmada yüksek meyve kalite özelliklerine sahip genotiplerin halihazırdaki ıslah programlarına dahil edilmesi, gelecekteki ıslah programlarıyla entegre olabilecek ümitvar hatların belirlenmesi, istenilen özelliklere ait etkinliği bilinen genlerin (*og*, *ogc*, *hp1*, *hp2*) bazı ebeveyn hatlara aktarılması ve bu hatlar kullanılarak ileri aşamalarda yeni hat ve hibritlerin geliştirilmesine olanak sağlanacaktır.

Son zamanlarda yüksek kalitede domatese yönelik pazar isteklerinin oldukça arttığı görülmektedir. Mevcut talebi karşılamak amacıyla fitokimyasal içerik seviyesi yüksek hibritlerin geliştirilmesi ve bunları oluşturacak hatların belirlenmesi çözüm olacaktır. Bu çalışmada çözüm için atılacak ilk adımlardan birisi mevcut olup materyallerin gözlemlenmesi ve karakterizasyonuna yöneliktir, elde edilen bilgi birikimi başka çalışmalarla ve programlarla desteklenerek daha kapsamlı hale getirilebilir.

Çizelge 1. Genotiplerin ortalama meyve ağırlıkları (g) ve bitki başına verimleri (kg/bitki)
Table 1. Average fruit weights (g) and yields per plant (kg/plant) of genotypes

Genotip	Meyve ağırlığı (g)	Verim (kg/bitki)	Genotip	Meyve ağırlığı (g)	Verim (kg/bitki)
TBT2100	132.70 K-T	3.28 A-J	TBT2145	174.90 H-T	1.56 H-J
TBT2102	162.45 I-T	3.27 A-J	TBT2146	261.30 B-J	261.30 B-J
TBT2103	148.44 J-T	3.70 A-J	TBT2147	226.67 B-L	226.67 B-L
TBT2104	137.11 K-T	2.93 A-J	TBT2148	153.10 I-T	153.10 I-T
TBT2105	154.7 I-T	3.32 A-J	TBT2149	108.22 M-T	108.22 M-T
TBT2106	218.7 C-N	4.86 AB	TBT2150	339.3 B	339.3 B
TBT2107	191.1 D-S	4.06 A-I	TBT2151	196.2 C-R	196.2 C-R
TBT2108	195.2 D-R	3.55 A-J	TBT2152	209.6 C-O	209.6 C-O
TBT2109	79.56 R-T	1.93 D-J	TBT2153	200.9 C-Q	200.9 C-Q
TBT2110	179.3 G-S	3.81 A-J	TBT2154	299.7 B-F	299.7 B-F
TBT2111	204.33 C-P	2.31 B-J	TBT2155	106.9 M-T	106.9 M-T
TBT2112	148.67 J-T	3.46 A-J	TBT2156	148.22 J-T	148.22 J-T
TBT2113	154.44 I-T	3.17 A-J	TBT2157	128.22 L-T	128.22 L-T
TBT2114	170.20 I-T	3.72 A-J	TBT2158	92.45 O-T	92.45 O-T
TBT2115	175.60 H-T	2.45 B-J	TBT2159	224.40 B-M	224.40 B-M
TBT2116	60.22 T	2.33 B-J	TBT2160	204.00 C-P	204.00 C-P
TBT2117	175.34 H-T	3.11 A-J	TBT2161	529.56 A	3.87 A-J
TBT2118	185.30 F-S	3.07 A-J	TBT2162	181.60 F-S	2.89 A-J
TBT2119	246.9 B-K	3.42 A-J	TBT2163	142.20 K-T	3.72 A-J
TBT2120	190.9 D-S	4.59 A-D	TBT2164	133.30 K-T	1.94 D-J
TBT2121	197.10 C-R	3.91 A-I	TBT2165	152.20 I-T	1.88 F-J
TBT2122	196.4 C-R	4.463 A-F	TBT2166	289.60 B-H	2.44 B-J
TBT2123	176.66 H-T	3.40 A-J	TBT2167	205.11 C-P	2.84 A-J
TBT2125	340.00 B	3.61 A-J	TBT2168	151.11 I-T	4.89 A-B
TBT2126	313.60 BC	2.36 B-J	TBT2169	116.45 L-T	3.53 A-J
TBT2127	304.44 B-E	2.93 A-J	TBT2171	264.00 B-J	3.29 A-J
TBT2128	296.00 B-G	2.31 B-J	TBT2173	124.78 L-T	3.59 A-J
TBT2129	298.40 B-F	3.08 A-J	TBT2174	140.70 K-T	3.10 A-J
TBT2130	203.10 C-P	2.70 A-J	TBT2175	197.60 C-R	3.85 A-J
TBT2131	178.90 G-S	2.35 B-J	TBT2176	186.70 E-S	2.68 A-J
TBT2132	119.56 L-T	5.24 A	TBT2180	98.00 O-P	4.00 A-I
TBT2133	96.70 O-T	1.20 J	TBT2181	97.11 O-T	4.71 A-C
TBT2134	83.60 Q-T	2.95 A-J	TBT2182	122.22 L-T	3.21 A-J
TBT2136	75.56 S-T	4.31 A-G	TBT2183	104.00 N-T	3.85 A-J
TBT2137	209.10 C-O	3.26 A-J	TBT2184	155.30 I-T	1.63 G-J
TBT2138	141.80 K-T	3.94 A-I	TBT2185	115.80 L-T	2.68 A-J
TBT2139	104.67 N-T	3.94 A-I	TBT2186	135.22 K-T	4.89 A-B
TBT2140	109.78 L-T	4.34 A-F	TBT2187	102.22 N-T	2.41 B-J
TBT2141	166.90 I-T	3.51 A-J	TBT2188	119.11 L-T	4.42 A-F
TBT2142	268.40 B-I	4.60 A-D	TBT2189	86.89 P-T	2.96 A-J
TBT2143	97.78 O-T	3.84 A-J	TBT2190	130.30 K-T	4.35 A-F
TBT2144	133.10 K-T	4.76 A-C	TBT2191	115.00 L-T	3.70 A-J

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

Çizelge 2. Genotiplerin ortalama meyve sertliği (N) ve ortalama meyve çapı (mm)
Table 2. Average fruit firmness (N) and average fruit diameter (mm) of genotypes

Genotip	Meyve sertliği (N)	Meyve çapı (mm)	Genotip	Meyve sertliği (N)	Meyve çapı (mm)
TBT2100	26.22 A-E	64.68 J- AA	TBT2146	15.56 P-AE	79.97 B-L
TBT2101	26.57 A-D	62.04 M- AA	TBT2147	14.90 T-AE	68.20 G-Z
TBT2102	21.41 D-O	69.27 F-X	TBT2148	17.89 J-AD	65.94 I- AA
TBT2103	30.97 A	67.570 H-Z	TBT2149	16.26 N-AE	56.98 R- AA
TBT2104	23.82 C-I	64.78 J- AA	TBT2150	16.51 M-AE	93.81 B
TBT2105	19.65 G-X	67.18 H- AA	TBT2151	16.43 M-AE	81.74 B-J
TBT2106	20.33 F-T	75.09 C-Q	TBT2152	11.65 AE	73.02 D-T
TBT2107	17.26 K-AE	70.84 E-U	TBT2153	22.00 D-N	74.33 C-R
TBT2108	25.06 B-G	71.04 D-U	TBT2154	12.64 AC-AE	88.63 BCD
TBT2109	23.29 C-J	50.77 Z-AA	TBT2155	15.433 Q-AE	56.04 S- AA
TBT2110	19.98 F-V	73.35 D-S	TBT2156	15.49 Q-AE	64.65 J- AA
TBT2111	17.16 K-AE	79.19 B-M	TBT2157	18.47 I-AB	64.93 J- AA
TBT2112	24.69 B-H	68.26 G-Z	TBT2158	15.72 O-AE	52.267 Y-AA
TBT2113	25.56 A-F	64.72 J- AA	TBT2159	18.91 I-Z	76.73 B-N
TBT2114	21.10 D-R	72.77 D-T	TBT2160	13.41 Y-AE	73.00 D-T
TBT2115	20.22 F-U	74.13 C-R	TBT2161	18.41 I-AB	111.51 A
TBT2116	21.27 D-P	53.61 U-AA	TBT2162	15.32 SS-AE	75.29 C-Q
TBT2117	25.31 A-G	69.89 F-W	TBT2163	19.73 G-X	68.90 F-X
TBT2118	23.75 C-I	77.67 B-N	TBT2164	15.76 O-AE	63.86 K- AA
TBT2119	29.67 AB	80.41 B-L	TBT2165	19.94 F-V	68.56 G-X
TBT2120	16.95 L-AE	74.43 C-R	TBT2166	19.86 F-W	83.27 B-I
TBT2121	23.55 C-J	72.25 D-T	TBT2167	20.17 F-U	75.67 C-Q
TBT2122	12.95 AB-AE	69.38 F-X	TBT2168	16.92 L-AE	67.74 H-Z
TBT2123	22.93 D-K	73.01 D-T	TBT2169	16.1 O-AE	61.18 N-AA
TBT2125	15.17 T-AE	91.10 B-C	TBT2171	14.28 V-AE	83.14 B-I
TBT2126	22.04 D-M	86.36 B-F	TBT2173	15.21 T-AE	61.54 M- AA
TBT2127	29.68 AB	85.78 B-G	TBT2174	13.25 Z-AE	66.64 H- AA
TBT2128	19.93 F-V	83.61 B-H	TBT2175	18.48 I-AB	75.43 C-Q
TBT2129	16.71 M-AE	88.20 B-E	TBT2176	17.19 K-AE	74.07 C-R
TBT2130	14.14 W-AE	75.97 C-P	TBT2180	14.54 U-AE	60.80 N- AA
TBT2131	13.33 Z-AE	68.60 G-Y	TBT2181	18.72 I-AA	52.89 V- AA
TBT2132	17.97 J-AD	58.38 P- AA	TBT2182	15.67 O-AE	64.11 J- AA
TBT2133	25.167 B-G	51.90 Y- AA	TBT2183	14.00 Y-AE	58.01 Q- AA
TBT2134	18.48 I-AB	64.69 J- AA	TBT2184	29.02 AC	66.55 H- AA
TBT2136	17.81 J-AD	51.22 Y- AA	TBT2185	23.41 C-J	59.07 O- AA
TBT2137	16.96 L-AE	76.11 C-O	TBT2186	23.48 C-J	63.59 K- AA
TBT2138	13.81 X-AE	63.18 L- AA	TBT2187	20.98 D-S	55.56 T- AA
TBT2139	15.367 R-AE	49.62 AA	TBT2188	19.16 H-Y	61.01 N- AA
TBT2140	17.50 K-AD	57.01 R-X	TBT2189	15.60 P-AE	54.32 U- AA
TBT2141	18.50 I-AB	68.30 G-Z	TBT2190	18.24 I-AC	67.20 H-AA
TBT2142	20.00 F-V	81.20 B-K	TBT2191	12.56 AC-AE	61.30 N- AA
TBT2143	13.09 AA-AE	55.40 T- AA	TBT2192	21.18 D-Q	75.21 C-Q
TBT2144	20.51 E-T	65.45 J- AA	TBT2193	22.54 D-L	70.15 F-X
TBT2145	12.34 AD-AE	72.16 D-T	TBT2194	23.87 C-I	88.27 B-E

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

Çizelge 3. Genotiplerin meyve kabuk rengi ortalamaları (L, a, b)
Table 3. Average fruit skin color of genotypes

Genotip	L*	a*	b*	Genotip	L*	a*	b*
TBT2100	36.62 I-S	31.53 D-U	26.01 O-AF	TBT2145	42.99 A-D	28.18 P-W	23.99 S-AG
TBT2101	35.86 K-S	31.48 D-V	25.43 P-AF	TBT2146	42.04 A-F	31.32 D-V	21.341 X-AH
TBT2102	36.11 K-S	33.79 A-S	28.13 J-AB	TBT2147	39.673 B-N	32.65 C-U	21.06 Y-AH
TBT2103	37.07 G-S	35.24 A-M	29.58 H-W	TBT2148	41.60 A-G	26.62 T-W	21.377 X-AH
TBT2104	36.57 J-S	35.53 A-L	28.91 H-Z	TBT2149	36.89 H-S	28.55 N-W	31.51 E-S
TBT2105	37.69 E-S	35.92 A-J	30.13 H-V	TBT2150	37.54 F-S	33.71 A-S	22.87 T-AH
TBT2106	35.73 K-S	27.30 S-W	18.13 AF-AH	TBT2151	43.19 A-C	30.61 F-V	21.33 X-AH
TBT2107	39.99 B-M	30.64 F-V	20.15 AA-AH	TBT2152	40.13 B-L	29.27 K-W	23.71 S-AH
TBT2108	35.85 K-S	30.24 H-V	25.72 P-AF	TBT2153	38.56 C-R	36.44 A-H	36.32 B-J
TBT2109	36.58 I-S	31.29 D-V	26.05 O-AF	TBT2154	45.68 A	26.99 T-W	22.88 T-AH
TBT2110	36.65 H-S	30.91 E-V	26.29 N-AF	TBT2155	35.69 K-S	30.57 F-V	29.98 H-W
TBT2111	35.51 L-S	34.87 A-N	30.13 H-V	TBT2156	38.78 B-R	34.80 A-O	37.14 B-I
TBT2112	36.15 K-S	36.37 A-H	30.11 H-V	TBT2157	34.99 O-S	29.85 I-W	28.60 I-AB
TBT2113	37.58 E-S	37.36 A-E	33.74 D-P	TBT2158	37.09 G-S	27.50 R-W	30.27 H-V
TBT2114	38.26 E-R	34.61 A-P	28.69 I-AA	TBT2159	36.74 H-S	26.39 U-W	35.60 B-K
TBT2115	35.57 K-S	35.73 A-K	30.08 H-V	TBT2160	39.44 B-O	27.04 T-W	20.57 Z-AH
TBT2116	42.18 A-E	36.91 A-F	35.43 B-L	TBT2161	38.36 D-R	32.04 C-U	35.36 B-L
TBT2117	34.98 O-S	34.03 A-Q	29.89 H-X	TBT2162	36.92 H-S	30.26 H-V	18.08 AF-AH
TBT2118	39.04 B-R	34.90 A-N	31.29 F-T	TBT2163	37.68 E-S	27.41 R-W	18.39 AE-AH
TBT2119	36.39 J-S	28.83 M-W	18.66 AE-AH	TBT2164	37.43 F-S	30.40 G-V	20.03 AA-AH
TBT2120	38.66 B-R	31.84 C-U	21.65 V-AH	TBT2165	41.21 A-I	31.95 C-U	22.73 T-AH
TBT2121	39.77 B-N	28.73 N-W	19.41 AC-AH	TBT2166	38.90 B-R	32.56 C-U	22.74 T-AH
TBT2122	38.07 E-S	31.97 C-U	22.20 U-AH	TBT2167	40.17 B-K	32.20 C-U	24.47 Q-AG
TBT2123	40.84 B-J	31.44 D-V	40.00 A-E	TBT2168	35.81 K-S	31.24 D-V	30.58 G-U
TBT2125	41.25 A-H	39.82 A	46.84 A	TBT2169	36.75 H-S	30.89 E-V	28.22 J-AB
TBT2126	38.96 B-R	36.47 A-H	39.61 A-F	TBT2171	38.45 D-R	28.36 O-W	18.17 AF-AH
TBT2127	43.21 AB	35.50 A-L	43.92 AB	TBT2173	37.38 G-S	33.89 A-R	32.73 D-R
TBT2128	40.09 B-L	38.22 A-C	43.35 A-C	TBT2174	37.90 E-S	26.78 T-W	18.82 AD-AH
TBT2129	36.86 H-S	39.39 AB	37.20 B-I	TBT2175	39.41 B-P	29.27 K-W	36.43 B-J
TBT2130	40.15 B-K	36.77 A-G	41.29 A-D	TBT2176	37.75 E-S	29.46 J-W	20.48 Z-AH
TBT2131	37.00 G-S	28.74 N-W	18.93 AD-AH	TBT2180	35.02 O-S	31.05 E-V	27.64 K-AC
TBT2132	33.54 S	33.01 B-S	28.85 I-Z	TBT2181	35.60 K-S	32.36 C-U	27.93 J-AC
TBT2133	38.96 B-R	37.59 A-D	37.54 B-H	TBT2182	36.30 J-S	23.67 W	15.62 AH
TBT2134	34.79 P-S	27.43 R-W	26.96 L-AE	TBT2183	37.38 G-S	25.00 V-W	16.19 AG-AH
TBT2136	33.61 S	31.77 C-U	24.31 R-AG	TBT2184	39.53 B-O	37.21 A-E	39.16 A-G
TBT2137	37.37 G-S	27.68 Q-W	37.10 B-I	TBT2185	39.40 B-P	36.02 A-I	34.74 C-N
TBT2138	37.91 E-S	32.01 C-U	31.51 E-S	TBT2186	39.36 B-Q	35.34 A-L	34.63 D-O
TBT2139	36.81 H-S	29.98 H-W	26.66 M-AF	TBT2187	38.34 E-R	35.65 A-L	34.99 C-M
TBT2140	35.66 K-S	32.15 C-U	26.94 L-AE	TBT2188	37.16 G-S	32.28 C-U	30.52 H-U
TBT2141	39.46 B-O	34.78 A-O	33.84 D-P	TBT2189	35.32 N-S	29.17 L-W	26.19 N-AF
TBT2142	36.73 H-S	26.76 T-W	33.02 D-Q	TBT2190	35.44 M-S	31.940 C-U	27.38 K-AD
TBT2143	34.77 Q-S	29.34 K-W	25.79 P-AF	TBT2191	34.43 R-S	29.63 I-W	25.87 P-AF
TBT2144	35.93 K-S	32.85 C-U	30.30 H-U				

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.Genotiplerin ortalama SÇKM (%), pH, TA (%) ve EC (mS/cm) değerleri

Table 4. Mean SQM (%), pH, TA (%) and EC (mS/cm) values of genotypes

Genotip	SÇKM (%)	pH	TA (%)	EC (mS/cm)	Genotip	SÇKM (%)	pH	TA (%)	EC (mS/cm)
TBT2100	3.98 A-N	4.68 A-I	0.27 H-M	4.38 D-Q	TBT2146	3.62 C-Q	4.55 A-L	0.34 B-M	3.78 H-Y
TBT2101	4.56 A-D	4.66 A-K	0.31 D-M	5.49 A-D	TBT2147	4.01 A-N	4.37 B-M	0.44 A-K	3.65 J-AA
TBT2102	4.22 A-J	4.56 A-L	0.36 A-M	3.31 O-AC	TBT2148	2.77 P-Q	4.70 A-H	0.21 M	3.90 G-W
TBT2103	3.99 A-N	4.56 A-L	0.34 B-M	4.69 B-L	TBT2149	3.53 D-Q	4.64 A-K	0.39 A-M	3.79 H-Y
TBT2104	4.91 A	4.54 A-L	0.50 A-E	3.45 M-AC	TBT2150	2.90 N-Q	4.42 A-M	0.33 B-M	4.88 B-J
TBT2105	3.73 B-P	4.48 A-M	0.41 A-M	3.40 N-AC	TBT2151	2.53 Q	4.38 B-M	0.37 A-M	3.62 K-AA
TBT2106	4.09 A-L	4.49 A-M	0.33 B-M	5.04 B-G	TBT2152	3.15 I-Q	4.56 A-L	0.30 F-M	2.65 AC
TBT2107	3.82 A-P	4.34 E-M	0.43 A-L	4.97 B-H	TBT2153	3.75 B-P	4.55 A-L	0.37 A-M	3.65 J-AA
TBT2108	3.70 B-P	4.62 A-L	0.37 A-M	3.76 H-Y	TBT2154	3.00 L-Q	4.39 B-M	0.34 B-M	2.80 V-AC
TBT2109	3.74 B-P	4.74 A-D	0.27 I-M	4.81 B-K	TBT2155	3.77 B-P	4.38 B-M	0.42 A-L	3.19 Q-AC
TBT2110	3.93 A-O	4.69 A-I	0.32 B-M	3.07 R-AC	TBT2156	3.89 A-P	4.47 A-M	0.40 A-M	3.74 H-Z
TBT2111	3.56 D-Q	4.56 A-L	0.31 D-M	3.67 J-AA	TBT2157	4.06 A-M	4.58 A-L	0.38 A-M	4.48 D-O
TBT2112	3.72 B-P	4.77 AB	0.25 K-M	3.03 S-AC	TBT2158	3.54 D-Q	3.70 N	0.41 A-M	2.82 U-AC
TBT2113	3.27 H-Q	4.76 A-C	0.27 H-M	4.93 B-I	TBT2159	4.19 A-K	4.75 A-C	0.30 F-M	5.40 A-E
TBT2114	3.72 B-P	4.81 A	0.26 J-M	3.65 J-AA	TBT2160	3.95 A-N	4.38 B-M	0.45 A-K	4.55 C-N
TBT2115	4.46 A-G	4.31 H-M	0.52 AB	3.23 P-AC	TBT2161	3.98 A-N	4.53 A-L	0.39 A-M	5.91 AB
TBT2116	4.33 A-H	4.72 A-G	0.33 B-M	2.75 V-AC	TBT2162	4.04 A-M	4.29 I-M	0.50 A-F	3.44 M-AC
TBT2117	4.01 A-N	4.28 J-M	0.42 A-L	3.62 K-AA	TBT2163	3.98 A-N	4.45 A-M	0.39 A-M	2.96 T-AC
TBT2118	4.33 A-H	4.75 A-C	0.34 B-M	3.88 G-X	TBT2164	4.17 A-K	4.23 L-M	0.56 A	2.89 U-AC
TBT2119	4.10 A-L	4.59 A-L	0.30 E-M	2.99 S-AC	TBT2165	3.93 A-O	4.50 A-M	0.30 F-M	2.76 V-AC
TBT2120	3.58 D-Q	4.67 A-J	0.32 B-M	5.38 A-F	TBT2166	3.93 A-O	4.58 A-L	0.33 B-M	2.50 AC
TBT2121	4.14 A-K	4.47 A-M	0.28 G-M	2.30 AC	TBT2167	4.58 A-D	4.46 A-M	0.39 A-M	2.74 W-AC
TBT2122	2.93 M-Q	4.65 A-K	0.23 L-M	3.98 G-V	TBT2168	4.03 A-N	4.38 B-M	0.39 A-M	2.68 W-AC
TBT2123	2.96 N-Q	4.43 A-M	0.31 C-M	3.71 I-AA	TBT2169	3.99 A-N	4.47 A-M	0.34 B-M	3.12 R-AC
TBT2125	3.16 I-Q	4.42 A-M	0.42 A-L	3.33 N-AC	TBT2171	4.03 A-M	4.34 E-M	0.43 A-L	2.57 Y-AC
TBT2126	3.07 K-Q	4.65 A-K	0.34 B-M	5.05 B-G	TBT2173	3.81 A-P	4.49 A-M	0.35 A-M	2.51 Z-AC
TBT2127	3.40 E-Q	4.57 A-L	0.31 C-M	2.49 AC	TBT2174	4.33 A-H	4.26 K-M	0.41 A-M	3.50 L-AB
TBT2128	3.10 J-Q	4.62 A-L	0.28 H-M	2.52 Z-AC	TBT2175	3.79 A-P	4.34 E-M	0.49 A-F	2.70 W-AC
TBT2129	3.92 A-O	4.37 B-M	0.51 A-D	2.73 W-AC	TBT2176	4.05 A-M	4.48 A-M	0.36 A-M	3.31 O-AC
TBT2130	2.81 O-Q	4.38 B-M	0.36 A-M	2.26 AC	TBT2180	3.33 G-Q	4.46 A-M	0.38 A-M	4.92 B-I
TBT2131	3.53 D-Q	4.37 B-M	0.34 B-M	2.72 W-AC	TBT2181	3.15 I-Q	4.45 A-M	0.41 A-M	2.77 V-AC
TBT2132	3.27 H-Q	4.48 A-M	0.37 A-M	4.20 E-S	TBT2182	4.58 A-D	4.36 C-M	0.51 ABC	6.41 A
TBT2133	2.93 M-Q	4.73 A-F	0.36 A-M	3.64 K-AA	TBT2183	4.75 AB	4.56 A-L	0.51 A-D	4.21 E-S
TBT2134	3.39 E-Q	4.39 B-M	0.36 A-M	2.80 V-AC	TBT2184	3.56 D-Q	4.45 A-M	0.36 A-M	4.04 G-U
TBT2136	3.54 D-Q	4.51 A-M	0.49 A-G	3.09 R-AC	TBT2185	3.62 B-Q	4.42 A-M	0.34 B-M	4.37 D-Q
TBT2137	3.38 F-Q	4.30 H-M	0.41 A-M	4.28 D-R	TBT2186	3.99 A-N	4.46 A-M	0.40 A-M	3.38 N-AC
TBT2138	3.49 D-Q	4.28 J-M	0.47 A-I	3.85 G-X	TBT2187	2.50 Q	4.36 C-M	0.33 B-M	4.37 D-Q
TBT2139	4.01 A-N	4.52 A-L	0.37 A-M	3.87 G-X	TBT2188	2.50 Q	4.45 A-M	0.33 B-M	4.64 C-M
TBT2140	3.86 A-P	4.33 F-M	0.45 A-K	4.16 F-T	TBT2189	4.02 A-N	4.48 A-M	0.39 A-M	4.46 D-P
TBT2141	4.52 A-E	4.11 M	0.52 AB	3.33 N-AC	TBT2190	4.73 A-C	4.36 C-M	0.49 A-G	2.38 AC
TBT2142	4.51 A-F	4.41 A-M	0.43 A-L	3.39 N-AC	TBT2191	3.92 A-O	4.34 D-M	0.46 A-J	4.74 B-K
TBT2143	3.39 E-Q	4.32 G-M	0.34 B-M	2.49 AC	TBT2192	4.39 A-H	4.74 A-D	0.33 B-M	4.38 D-Q
TBT2144	3.40 E-Q	4.60 A-L	0.36 A-M	3.24 P-AC	TBT2193	4.12 A-L	4.74 A-E	0.32 B-M	3.21 Q-AC
TBT2145	2.95 M-Q	4.55 A-L	0.28 H-M	2.32 AC	TBT2194	4.27 A-I	4.47 A-M	0.48 A-H	5.77 A-C

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

Çizelge 5. Hatların vitamin C (mg/100g) ve fenolik madde (mg/g) ortalamaları
 Table 5. Vitamin C (mg/100g) and phenolic substance (mg/g) averages of the lines

Genotip	Vit. C (mg/100g)	Fenolik madde (mg/g)	Genotip	Vit. C (mg/100g)	Fenolik madde (mg/g)
TBT2100	7.05 L-R	0.97 B	TBT2146	10.00 B-P	0.94 B
TBT2101	10.21 B-P	1.05 B	TBT2147	9.64 C-Q	0.75 B
TBT2102	9.47 C-R	0.77 B	TBT2148	10.88 B-M	0.88 B
TBT2103	9.92 B-Q	0.83 B	TBT2149	9.43 C-R	0.92 B
TBT2104	8.82 D-R	0.91 B	TBT2150	5.48 R	0.77 B
TBT2105	9.72 B-Q	1.02 B	TBT2151	6.64 O-R	0.80 B
TBT2106	11.81 A-I	0.83 B	TBT2152	8.06 G-R	0.88 B
TBT2107	8.94 D-R	0.81 B	TBT2153	7.99 G-R	1.00 B
TBT2108	8.35 E-R	0.87 B	TBT2154	8.90 D-R	0.91 B
TBT2109	7.72 J-R	1.10 B	TBT2155	8.83 D-R	0.98 B
TBT2110	12.69 A-D	1.08 B	TBT2156	9.77 B-Q	1.06 B
TBT2111	9.45 C-R	0.85 B	TBT2157	8.90 D-R	1.13 B
TBT2112	9.20 D-R	0.91 B	TBT2158	8.80 D-R	1.04 B
TBT2113	9.78 B-Q	0.89 B	TBT2159	9.25 D-R	1.05 B
TBT2114	8.51 E-R	1.09 B	TBT2160	6.89 M-R	0.92 B
TBT2115	11.38 A-K	3.13 A	TBT2161	9.93 B-Q	0.85 B
TBT2116	10.17 B-P	1.04 B	TBT2162	12.28 A-F	1.00 B
TBT2117	11.51 A-J	0.95 B	TBT2163	10.61 B-O	0.95 B
TBT2118	9.73 B-Q	1.11 B	TBT2164	7.73 J-R	1.17 B
TBT2119	7.36 K-R	0.98 B	TBT2165	9.66 C-Q	1.18 B
TBT2120	10.00 B-P	0.96 B	TBT2166	10.60 B-O	0.89 B
TBT2121	8.24 F-R	0.87 B	TBT2167	8.56 E-R	0.99 B
TBT2122	9.99 B-P	0.86 B	TBT2168	7.87 H-R	0.91 B
TBT2123	7.27 L-R	0.92 B	TBT2169	10.60 B-O	0.94 B
TBT2125	6.29 P-R	0.88 B	TBT2171	11.88 A-H	0.75 B
TBT2126	15.30 A	0.97 B	TBT2173	9.10 D-R	0.95 B
TBT2127	9.83 B-Q	1.08 B	TBT2174	9.33 C-R	0.98 B
TBT2128	11.42 A-J	1.02 B	TBT2175	7.12 L-R	0.80 B
TBT2129	10.73 B-N	0.95 B	TBT2176	10.70 B-N	0.83 B
TBT2130	9.81 B-Q	0.88 B	TBT2180	6.82 M-R	0.92 B
TBT2131	7.58 J-R	0.74 B	TBT2181	9.31 C-R	0.82 B
TBT2132	6.72 N-R	0.94 B	TBT2182	10.22 B-P	0.97 B
TBT2133	9.75 B-Q	1.53 B	TBT2183	8.41 E-R	0.91 B
TBT2134	7.76 I-R	0.86 B	TBT2184	15.39 A	1.18 B
TBT2136	5.92 Q-R	0.90 B	TBT2185	7.65 J-R	0.87 B
TBT2137	8.87 D-R	0.86 B	TBT2186	8.90 D-R	0.96 B
TBT2138	10.48 B-O	0.98 B	TBT2187	8.42 E-R	0.84 B
TBT2139	9.56 C-Q	0.96 B	TBT2188	8.07 G-R	0.92 B
TBT2140	13.77 AB	0.99 B	TBT2189	12.37 A-E	0.93 B
TBT2141	10.05 B-P	0.88 B	TBT2190	13.31 A-C	0.98 B
TBT2142	8.16 G-R	0.91 B	TBT2191	7.87 H-R	0.83 B
TBT2143	7.50 J-R	0.95 B	TBT2192	11.00 B-L	1.09 B
TBT2144	8.34 E-R	0.92 B	TBT2193	11.93 A-G	1.05 B
TBT2145	11.86 A-H	1.02 B	TBT2194	9.00 D-R	1.06 B

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

Çizelge 6. Genotiplerin likopen ve β - karoten içerikleri (mg/100g)
Table 6. Lycopene and β -carotene contents of genotypes (mg/100g)

Genotip	Likopen miktarı (mg/100g)	β - karoten (mg/100g)	Genotip	Likopen miktarı (mg/100g)	β - karoten (mg/100g)
TBT2100	6.82 K-O	1.85 A-M	TBT2146	12.73 AB	0.90 J-M
TBT2101	5.51 N-O	1.88 A-M	TBT2147	11.99 A-E	1.74 A-M
TBT2102	7.10 K-O	1.84 A-M	TBT2148	8.29 G-N	1.43 D-M
TBT2103	3.97 O	0.78 K-M	TBT2149	11.28 A-H	1.51 C-M
TBT2104	7.52 J-N	1.67 B-M	TBT2150	10.17 A-K	1.41 D-M
TBT2105	6.43 L-O	1.28 D-M	TBT2151	11.05 A-I	1.14 E-M
TBT2106	5.75 M-O	1.08 F-M	TBT2152	8.71 E-N	1.25 D-M
TBT2107	6.45 L-O	1.84 A-M	TBT2153	8.81 D-N	1.13 E-M
TBT2108	11.57 A-H	0.93 I-M	TBT2154	9.55 A-L	1.43 D-M
TBT2109	12.51 A-C	1.23 D-M	TBT2155	6.86 K-O	1.10 F-M
TBT2110	12.89 A	0.98 H-M	TBT2156	12.70 AB	2.12 A-J
TBT2111	11.95 A-E	2.31 A-G	TBT2157	11.29 A-H	1.79 A-M
TBT2112	11.64 A-G	1.30 D-M	TBT2158	9.62 A-L	1.47 C-M
TBT2113	11.43 A-H	1.39 D-M	TBT2159	9.15 C-M	0.99 G-M
TBT2114	12.65 AB	2.36 A-F	TBT2160	9.77 A-L	1.43 C-M
TBT2115	12.54 A-C	1.46 C-M	TBT2161	12.07 A-E	1.14 E-M
TBT2116	11.92 A-E	2.44 A-E	TBT2162	12.71 AB	2.75 A-C
TBT2117	7.70 I-N	1.49 C-M	TBT2163	12.51 A-C	1.19 D-M
TBT2118	12.83 A	1.60 B-M	TBT2164	12.44 A-C	1.67 B-M
TBT2119	12.86 A	1.45 C-M	TBT2165	12.57 A-C	1.16 E-M
TBT2120	12.32 A-C	2.15 A-J	TBT2166	12.22 A-D	1.10 F-M
TBT2121	8.38 F-N	1.28 D-M	TBT2167	11.51 A-H	1.39 D-M
TBT2122	9.82 A-L	1.32 D-M	TBT2168	9.31 B-L	1.28 D-M
TBT2123	11.81 A-F	2.24 A-I	TBT2169	10.65 A-J	2.09 A-K
TBT2125	11.86 A-F	1.16 D-M	TBT2171	9.69 A-L	1.31 D-M
TBT2126	12.24 A-D	1.75 A-M	TBT2173	10.21 A-K	1.82 A-M
TBT2127	11.88 A-E	1.29 D-M	TBT2174	11.01 A-I	1.66 B-M
TBT2128	11.73 A-G	0.96 H-M	TBT2175	12.21 A-D	1.59 B-M
TBT2129	11.25 A-H	1.83 A-M	TBT2176	11.84 A-F	1.88 A-M
TBT2130	10.93 A-J	1.66 B-M	TBT2180	12.09 A-E	2.85 AB
TBT2131	11.76 A-G	1.40 D-M	TBT2181	11.62 A-G	1.87 A-M
TBT2132	10.06 A-K	1.49 C-M	TBT2182	12.61 A-C	1.07 F-M
TBT2133	11.25 A-H	1.20 D-M	TBT2183	12.52 A-C	1.11 F-M
TBT2134	8.11 H-N	1.51 C-M	TBT2184	12.51 A-C	1.87 A-M
TBT2136	7.75 I-N	1.20 D-M	TBT2185	11.86 A-F	1.19 D-M
TBT2137	6.43 L-O	0.71 L-M	TBT2186	12.05 A-E	1.68 B-M
TBT2138	11.80 A-F	2.02 A-L	TBT2187	12.58 A-C	0.91 J-M
TBT2139	6.86 K-O	1.37 D-M	TBT2188	11.39 A-H	1.13 E-M
TBT2140	9.30 B-L	1.07 F-M	TBT2189	11.76 A-G	1.06 F-M
TBT2141	12.81 A	2.48 A-D	TBT2190	11.46 A-H	1.36 D-M
TBT2142	3.90 O	0.65 M	TBT2191	11.82 A-F	1.73 A-M
TBT2143	8.66 E-N	1.35 D-M	TBT2192	12.24 A-D	2.37 A-F
TBT2144	8.38 F-N	0.98 H-M	TBT2193	12.12 A-E	2.25 A-H
TBT2145	11.80 A-F	3.01 A	TBT2194	11.69 A-G	2.12 A-J

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P<0.05).

5. Teşekkür

Bu çalışma Kevser TOSUN tarafından hazırlanan “Ebeveyn Potansiyeli Yüksek Bazı Domates Hatlarının Verim ve Meyve Kalite Niteliklerinin Belirlenmesi” isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Araştırmayı 2020-YL1-0101 nolu proje ile destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı ve 3191183 nolu proje ile destekleyen TÜBİTAK birimlerine teşekkür ederiz. Ayrıca araştırmamızın yürütülmesinde maddi ve manevi destek sağlayan Enza Zaden Tarım Ar-Ge Taş ve Tiç A.Ş.'ne ve sera domates ıslahı ekibine teşekkür ederiz.

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

- Abushita A. A., Daood, H. G., & Biacs, P. A. (2000). Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2075–2081.
- Acharya, B., Dutta, S., Dutta, S., & Chattopadhyay, A. (2018). Breeding tomato for simultaneous improvement of processing quality, fruit yield, and dual disease tolerance. *International Journal of Vegetable*

- Science, 24(5), 407-423. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1427648>
- Agong, S. G., Schittenhelm, S., & Friedt, W. (2001). Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *The Journal of Food Technology in Africa*, 6(1), 13-17. <https://doi.org/10.4314/jfta.v6i1.19277>
- Ağar, İ. T., Kafkas, S., & Kaşka, N. (1997). Variation in kernel chlorophyll content of different pistachio varieties grown in six countries. *II International Symposium on Pistachios and Almonds*. August 01-1998, Davis, 372-377.
- Al-Aysh, F., Kutma, H., Serhan, M., Al-Zoubai, A., Al-Naseer, M. A., & Village, D.A.G. (2012). Genetic analysis and correlation studies of yield and fruit quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *New York Science Journal*, 5(10), 142-145.
- Aoun, A. B., Lechiheb, B., Benyahya, L. & Ferchichi, A. (2013). Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Tunisia. *African Journal of Food Science*, 7(10), 350-354. <https://doi.org/10.5897/AJFS2013.1067>
- Ateş, K. (2014). *Bingöl İli Ekolojik Şartlarına Uygun Sofralık Domates Çeşitlerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aybak, H. Ç., & Kaygısız, H. (2004). *Domates*. İstanbul. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, 100(5), 1085-1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Science* 61(3), 471-475. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00141-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00141-9)
- Bhandari, S. R., Cho, M. C., & Lee, J. G. (2016). Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 57(5), 440-452.
- Borghesi, E., Gonzalez-Miret, M. L., Escudero-Gilete, M. L., Malorgio, F., Heredia, F. J., & Melendez-Martinez, A. J. (2011). Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color of diverse tomato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11676-11682. <https://doi.org/10.1021/jf2021623>
- 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)
- Burton, W. G. (1982). Ripening and Senescence of Fruits. In *Postharvest-Physiology of Food Crops*. (pp. 181-198).
- Büyükbay, E. O., Sayılı, M., & Uzunöz, M. (2009). Tüketicilerin sosyo-ekonomik özellikleri ile salça tüketimleri arasındaki ilişki: Tokat ili örneği. *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(1), 1-7.
- Campos, C. A. B., Fernandes, P. D., Gheyi, H. R., Blanco, F. F., Goncalves, C. B., & Campos, S. A. F. (2006). Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Scientia Agricola*, 63(2), 146-152.
- Cemeroğlu, B. (1992). *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Ankara, Biltav Yayınları.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., & Özkan, M. (2003). *Meyve ve Sebze Besleme Teknolojisi*. Ankara, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., & Özkan, M. (2009). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi: Meyve ve Sebzelelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları*. Ankara, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Dar, R. A., & Sharma, J. P. (2011). Genetic variability studies of yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 5(2), 168-174. <http://doi.org/10.3923/ijpb.2011.168.174>
- Dar, R. A., Sharma, J. P., Nabi, A., & Chopra, S. (2012). Germplasm evaluation for yield and fruit quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 7(46), 6143-6149. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.307>
- Demirtaş, E. I., Öktüren, F., & Arı, A. N. (2013). Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompostu kullanımının bakiye etkilerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 23-35.
- Demirtaş, E. I., Arı, N., Özkan, C., & Asri, F. Ö. (2016). Domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompost kullanımının verim kalite ve ağır metal kirliliği üzerine etkileri. *Derim*, 33(1), 144-158.
- 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. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Doğan, C. (2019). *Erkenci Domates Hatlarında Bazı Biyokimyasal Özelliklerin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Durmuş, M., Yetgin, Ö., Abed, M. M., Haji, E. K., & Akçay, K. (2018). Domates bitkisi, besin içeriği ve sağlık açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2), 59-74.
- FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Son erişim tarihi: 03.11.2021).
- Figueiredo-González, M., Valentao, P., Pereira, D. M., & Andrade, P. B. (2017). Further insights on tomato plant: Cytotoxic and antioxidant activity of leaf extracts in human gastric cells. *Food and Chemical Toxicology*, 109, 386-392.
- Frusciant, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Matteo, A. D., Fogliano, V. A., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition Food Research*, 51, 609-617. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600158>
- Ganesan, M., & Subashini, H. D. (2001). Study on biometric characteristics of tomato grown in poly greenhouse and open field conditions. *Madras Agricultural Journal*, 88(10-12), 682-683.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S., & Kapoor H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Journal of 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)
- Giorio, G., Stigliani, A. L., & D'Ambrosio, C. (2007). Agronomic performance and transcriptional analysis of carotenoid biosynthesis in fruits of transgenic highcaro and control tomato lines underfield conditions. *Transgenic Research*, 16(1), 15-28. <https://doi.org/10.1007/s11248-006-90253>
- Gonzalez-Cebrino, F., Lozano, M., Ayuso, M. C., Bernalte, M. J., Vidal-Aragon, M. C. & Gonzalez-Gomez, D. (2011). Characterization of traditional tomato varieties grown in organic conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(2), 444-452. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110902-153-10>
- Gould, W.A. (1983). *Tomato Production Processing and Quality Evaluation*. Connecticut. AVI Publishing Company.
- Gözükara, G., & Kaplan, M. (2017). Are genotypes of hybrid tomato adequate to getting high yield and quality. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 151-154.
- Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt-II, İzmir, Meta Basımevi.
- Güneş A., İnal, A., & Alpaslan, M. (1996). Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 19(2), 389-396. <https://doi.org/10.1080/01904169609365129>
- Hanson, P. M., Yang, R. Y., Wu, J., Chen, J. T., Ledesma, D., Tsou, S. C. & Lee, T. C. (2004). Variation for antioxidant activity and antioxidants in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(5), 704-711.
- Hernandez, M., Rodriguez, E., & Diaz, C. (2007). Free hydroxycinnamic acids, lycopene, and color parameters in tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8604-8615. <https://doi.org/10.1021/jf071069u>
- İlahy, R., Hıdder, 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), 588-595. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.11.003>
- Kathayat, K., Singh, A., & Rawat, M. (2015). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm in tarai region of uttarakhand. *Horticultural Flora Research Spectrum*, 4(3), 220-223.
- Kavitha, P., Shivashankara, K. S., Rao, V. K., Sadashiva, A. T., Ravishankar, K. V., & Sathish, G. J. (2013). Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 993-999. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6359>
- Keskin, G., & Gül, U. (2004). *Domates*. Ankara, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Kumar, P. A., Reddy, K. R., Reddy, R., Pandravada, S. R., & Saidaih, P. (2016). Per Se performance of dual purpose tomato genotypes for growth, yield and quality attributes. *Plant Archives*, 16(2), 695-699.
- Kurt, T. (2019). *Yerel Domates Genotiplerinin Seleksiyonu ve Morfolojik Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kuzucu, C., Kaynaş, K., Kuzucu, F. C., Erken, N. T., Kaya, S., & Daydır, H. U. (2004). Bazı Domates Çeşitlerinin Verim ve Kalite

- Özelliklerinin Belirlenmesi. *V. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı*. 21-24 Eylül, Bursa, 288-294.
- Kütevin, Z., & Türkeş, T. (1987). *Sebzecilik ve Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Pratik Sebzecilik Yöntemleri*. İstanbul, İnkılap Kitabevi.
- Liu, X., Wang, L., Zhang, H., Li, Y., & Yang, W. (2017). Genetic and fruit trait differences between chinese elite lines/varieties and American varieties of processing tomato. *Scientia Horticulturae*, 224, 251-257. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.023>
- Martinez-Valverde, I., Periago, M.J., Provan, G., & Chesson, A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(3), 323-330. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1035>
- Mc Collum, J. P. (1995). Distribution of carotenoids in the tomato. *Food Research*, 20(1), 55-59.
- Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Horticultural Science*, 27(12), 1254-1255.
- Meredith, F. I., & Purcell, A. E. (1966). Changes in the concentration of carotenes of ripening homestead tomatoes. *American Society for Horticultural Science*, 89, 544-548.
- Moraru, C., Logendra, L., Lee, T. C., & Janes, H. (2004). Characteristics of 10 processing tomato cultivars grown hydroponically for the NASA Advanced Life Support (ALS) Program. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(2), 141-154. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.08.003>
- 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/nskk11962.39.925>
- Paksoy, M. (2003). Konya ekolojisinde değişik ekim zamanlarında yetiştirilen bazı sanayilik domates çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(32), 6-9.
- Pal, R. S., Hedau, N. K., Kant, L., & Pattanayak, A. (2018). Functional quality and antioxidant properties of tomato genotypes for breeding better quality varieties. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00001.7>
- Peixoto, J. V. M., Garcia, L. G. C., Nascimento, A. D. R., Moraes, E. R. D., Ferreira, T. A. P. D. C., Fernandes, M. R., & Pereira, V. D. A. (2018). Post-harvest evaluation of tomato genotypes with dual purpose. *Food Science and Technology*, 38(2), 255-262. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.00217>
- Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2005). Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum L. Sect. lycopersicum*). *Monograph in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 104(2), 227-257.
- Raj, T., Bhardwaj, M. L., & Pal, S. (2018). Performance of tomato hybrids for quality traits under Mid-hill conditions of Himachal Pradesh. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 2565-2568.
- Renna, M., Durante, M., Gonnella, M., Buttarò, D., D'Imperio, M., Mita, G., & Serio, F. (2018). Quality and nutritional evaluation of regina tomato, a traditional long-storage landrace of Puglia (Southern Italy). *Agriculture*, 8(6), 83. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060083>
- Ruggieri, V., Francese, G., Sacco, A., D'Alessandro, A., Rigano, M. M., Parisi, M., & Barone, A. (2014). An association mapping approach to identify favourable alleles for tomato fruit quality breeding. *BMC Plant Biology*, 14(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0337-9>
- Seybold, C., Fröhlich, K., Bitsch, R., Otto, K., & Böhm, V. (2004). Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(23), 7005-7010. <https://doi.org/10.1021/jf049169c>
- Sharma, S. K., & Le Maguer, M. (1996). Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Research International*, 29(3-4), 309-315. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(96\)00029-4](https://doi.org/10.1016/0963-9969(96)00029-4)
- Singh, B., & Goswami, A. (2015). Morphological and molecular characterization of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) genotypes. *Vegetos-An International Journal of Plant Research*, 28(4), 67-75.
- Sio, F. D., Rapacciuolo, M., Giorgi, A. D., Trifirò, A., Giuliano, B., Vitobello, L., Cuciniello, A., & Caruso, G. (2018). Yield, quality and antioxidants of peeled tomato as affected by genotype and industrial processing in Southern Italy. *Advances in Horticultural Science*, 32(3), 379-387. <http://dx.doi.org/10.13128/ahs-23129>
- Stahl, W., & Sies, H. (1996). Lycopene: a biologically important carotenoid for humans. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 336(1), 1-9.
- Stommel, J., Abbott, J. A., Saftner, R. A., & Camp, M. J. (2005). Sensory and objective quality attributes of beta-carotene and lycopene-rich tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(2), 244-251. <https://doi.org/10.21273/JASHS.130.2.244>
- 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. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Şen, F., Uğur, A., Bozokalfa, M. K., Eşiyok, D., & Boztok, K. (2004). Bazı sera domates çeşitlerinin verim kalite ve depolama özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 9-17.
- Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., & Ebeler, S. E. (2001). Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3713-3717. <https://doi.org/10.1021/jf0102721>
- Turhan, A., & Şeniz, V. (2009). Türkiye'de yetiştirilen bazı domates gen kaynaklarının verim, meyve ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 23(50), 52-59.
- Turhan, A., Özmen, N., Serbeci, M. S., & Seniz, V. (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142-149.
- Ünal, A. (2021). *Morphological And Agronomical Characterization of Beef Type Tomato Hybrids*. (Master Thesis, Ege University Graduate School of Applied and Natural Science).
- Viskelis, P., Radzevicius, A., Urbonaviciene, D., Viskelis, J., Karkleliene, R., & Bobinas, C. (2015). Biochemical parameters in tomato fruits from different cultivars as functional foods for agricultural, industrial and pharmaceutical uses. In *Plants For The Future*. (pp. 45-77)
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. İzmir, Ege Üniversitesi Basım Evi.
- Yılmaz, K., Faten, A. R., Arvas, Y. E., & Durmuş, M. (2018). Domates Bitkisi ve in Vitro Mikro Çoğaltımı (Tomato Plant and Its In Vitro Micropropagation). *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 3(1), 57-73.



Akkeçili Makilik Alanlarında Otlanabilen Yaygın Çalı Türlerinin Yem Değerlerindeki Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi

Emre BIÇAKÇI^{1*}, Mevlüt TÜRK¹

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

*Sorumlu yazar: emrebicakci@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 27/10/2022

Kabul tarihi: 08/12/2022

Anahtar Kelimeler: Çalı, Ham Protein Oranı, Mevsim, Nispi Yem Değeri ve Tanen

DOI: 10.55979/tjse.1195407

ÖZET

Bu araştırma Isparta Akkeçili köyü çevresinde bulunan makilik alanda otlanabilen yaygın 10 çalı türünün (*Quercus coccifera*, *Quercus infectoria*, *Fraxinus ornus*, *Fraxinus excelsior*, *Colutea melanocalyx*, *Coronilla emerus*, *Cotoneaster nummularia*, *Crataegus monogyna*, *Paliurus spina-christi*, *Juniperus oxycedrus*) yem değerlerinin tespit edilmesi amacıyla 2018-2020 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada türlerin kuru madde oranı (KMO), ham protein oranı (HPO), NDF, ADF toplam sindirilebilir besin maddesi (TSBM), nispi yem değeri (NYD) ve tanen oranı mevsimsel olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar mevsimler bazında ele alındığında, en yüksek HPO, TSBM ve NYD ilkbahar mevsiminde tespit edilmiş, mevsimlerin ilerlemesi ile beraber bu ortalamalar düşmüş, en düşük değerler ise kış mevsiminde tespit edilmiştir. En düşük KMO, ADF, NDF ve tanen oranı ilkbaharda tespit edilmiş ve mevsimler ilerledikçe aynı değerlerin ortalamaları yükselmiştir. Türler karşılaştırıldığında ise en düşük kuru madde oranı *C. melanocalyx*, NDF ve ADF oranı *P. spina-christi* ve *C. melanocalyx*, kondanse tanen oranı *F. excelsior*, *F. ornus*, *C. melanocalyx* ve *C. emerus*'ta tespit edilmiştir. En yüksek HPO *C. emerus*, TSBM *P. spina-christi* ve NYD *C. melanocalyx* türlerinden elde edilmiştir. Sonuç olarak maki içerisinde yer alan çalı, çalı formunu almış ağaç ve ağaççık türlerinin yarı kurak ve kurak bölgelerde kritik dönemde ruminantlar için kaliteli yem üretebilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Determination of Seasonal Changes of Feed Value of Common Grazeable Species Akkeçili Macquis Shrublands

ARTICLE INFO

Received: 27/10/2022

Accepted: 08/12/2022

Keywords: Shrub, Crude Protein Ratio, Season, Relative Feed Value and Tannin

DOI: 10.55979/tjse.1195407

ABSTRACT

This study was carried out in 2018-2020 to determine the forage values of 10 common shrub species (*Quercus coccifera*, *Quercus infectoria*, *Fraxinus ornus*, *Fraxinus excelsior*, *Colutea melanocalyx*, *Coronilla emerus*, *Cotoneaster nummularia*, *Crataegus monogyna*, *Paliurus spina-christi*, *Juniperus oxycedrus*) in the maquis area around Akkeçili village in Isparta. In the study, dry matter ratio, crude protein ratio (CP), NDF, ADF, total digestible nutrients (TSN), relative feed value (RFV) and tannin ratio were determined seasonally. Considering the results obtained on a seasonal basis, the highest CP, TDN and RFV were detected in the spring season, decreased with the progression of the seasons, and the lowest values were determined in the winter season. The lowest dry matter, ADF, NDF and tannin ratios were detected in the spring and increased as the seasons progressed. When the species were compared, the lowest dry matter ratio was found in *C. melanocalyx*, NDF and ADF ratio in *P. spina-christi* and *C. melanocalyx*, condensed tannin ratio in *F. excelsior*, *F. ornus*, *C. melanocalyx* and *C. emerus*. The highest CP was obtained from *C. emerus*, TDN *P. spina-christi* and RFV *C. melanocalyx* species. As a result, it has been determined that the shrub, shrub-shaped tree and shrub species in the maquis have the potential to produce quality feed for ruminants in the critical period in semi-arid and arid regions.

1. Giriş

Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri, ülkemizde Akdeniz ikliminin hakim olduğu alanlardır. Akdeniz ikliminin ön plana çıkardığı bitki örtüsü olan makinin yaklaşık yarısını çalılar oluşturmaktadır (Yılmaz, 1996). Maki bitki örtüsü pH açısından asit karakterli topraklardan baz karakterli topraklara kadar çeşitli toprak şartlarında yayılış gösterebilmektedir. Geniş adaptasyon yetenekleri sebebiyle makiyi oluşturan türler deniz seviyesinden başlayıp yüksek dağların orta alpin seviyesine, ayrıca kurak ve yarı kurak bölgelere kadar yayılış göstermektedirler (Tsiouvaras, 1987).

Akdeniz iklimi yazları sıcak ve kurak, kışları nemli ve serin şeklinde tarif edilmektedir. Erken ilkbahar bitkilerin en iyi geliştikleri dönemdir. Yaz aylarında havanın sıcak ve

kurak olması nedeniyle otsu türlerin gelişimi olumsuz etkilenmektedir. Çalı türleri derin kök yapısına sahip oldukları için yaz mevsiminde de yeşilliğini korumaktadır (Gökkuş vd., 2009).

Çalılar hayvanlar için önemli yem kaynağı potansiyeline sahiptir. Çalı sürgün ve yapraklarının ilk gelişim dönemlerinde otsu türlere nazaran daha fazla besin maddesi içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir. Bilhassa yaz mevsiminde çalılar besleme kabiliyeti büyük öneme sahiptir (Tolera vd., 1997; Kamalak, 2006; Gökkuş vd., 2009; Narvaez vd., 2010). Zira çalılar ruminantların protein ihtiyacını büyük oranda karşılayabilmektedirler. Bunun yanı sıra kış ve yaz ayları boyunca önemli kaba yem kaynağını oluşturan çalılar kışın özellikle tohumları

yabani hayvanlar için önemli yem kaynaklarından biridir (Koc, 2000).

Makilik alanlar bilhassa keçiler için yılın her döneminde doğal yem alanları olarak kabul edilir. Akdeniz bölgesinde makilik alanlar ile keçî sürüleri arasında yakın ilişki vardır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de keçî yetiştiriciliği en çok bu alanlarda yaygındır ve buralar keçilerin temel yem kaynaklarıdır (Papachristou vd., 1999, Papachristou vd., 2003). Akdeniz'in çalılı meralarında yürütülen otlatma çalışmalarında keçilerin tükettiği yeminin %60'dan fazlasının çalılardan oluştuğu tespit edilmiştir (Perevolotsky vd., 1998). Kermes meşesinden oluşan çalılıklar evcil ve yabani hayvanların kıymetli yem kaynakları, yöredeki insanların yakacağı ve toprak erozyonunu önlemede değerli alanlar olarak görülmektedir (Vrahnakis vd., 2005).

Bu çalışmanın amacı, Isparta Akkeçili köyü çevresinde bulunan otlanabilen yaygın çalı türlerinin yem değerlerinin mevsimlere göre değişiminin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında incelenen çalı türlerinin yem değerlerinin mevsimlere göre değişiminin belirlenmesi ile türlerin en yüksek yem değerine sahip olduğu dönemlerde otlatma önermek ve en yüksek yem değerine sahip türü belirleyerek, bölge hayvancılığının çalılardan maksimum düzeyde faydalanmasını sağlamak mümkün olabilecektir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma 2018-2020 yıllarında Isparta'nın Senirkent ilçesinde yer alan Akkeçili köyü çevresindeki çalılı bölgede (38° 67' 31.79" K, 30° 48' 16.78" D, 952 m) yürütülmüştür. Meteoroloji genel müdürlüğünden alınan iklim verilerine göre Akkeçili'de yıllık toplam yağış değerleri 2018 yılında 860.20 mm ile uzun yıllar ortalamasından (664.55 mm) yüksek, 2019 yılında ise 553.60 mm ile uzun yıllar ortalamasından düşük olmuştur. Ortalama sıcaklık 2018 yılında 13.56 °C, 2019 yılında 13.18 °C ile uzun yıllar ortalamasından (12.58 °C) yüksek olmuştur. Ortalama nispi nem değerleri ise 2018 yılında %62.58, 2019 yılında %60.68 ile uzun yıllar ortalamasından (%56.18) yüksek olmuştur.

Araştırma alanı toprakları killi tekstürde, tuzsuz (1.53 dS/m), kireç içeriği %7.5 ve üzerinde olup kireçli sınıfta, pH değeri 6.93 olup nötr karakterde ve organik madde yönünden zengindir (%4).

Çalışmada yer alan türlerin belirlenmesi ve konumlarının tespit ve kaydedilmesi ile ilgili hazırlık çalışmaları 2018 yılı nisan ayında yürütülmüş ve yem potansiyeli taşıyan yaygın 10 tür tespit edilerek konumları GPS cihazı ile işaretlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırmada tespit edilen türler
Table 1. Species identified in the research

Türkçe Adı	Latince Adı	Familyası
Kermes Meşesi	<i>Quercus coccifera</i>	Fagaceae
Mazi Meşesi	<i>Quercus infectoria</i>	Fagaceae
Çiçekli Dişbudak	<i>Fraxinus ornus</i>	Oleaceae
Adi Dişbudak	<i>Fraxinus excelsior</i>	Oleaceae
Patlangaç	<i>Colutea melanocalyx</i>	Fabaceae
Yalancı Burçak	<i>Coronilla emerus</i>	Fabaceae
Dağ Muşmulası	<i>Cotoneaster nummularia</i>	Rosaceae
Adi Alıç	<i>Crataegus monogyna</i>	Rosaceae
Karaçalı	<i>Paliurus spina-christi</i>	Rhamnaceae
Katran Ardıcı	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cupressaceae

2018 ve 2019 yıllarının her mevsiminde (ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış) yaprak numuneleri alınmıştır (Alatürk vd., 2014). Örneklerin toplanması sırasında her türden 5'er bitki seçilmiştir. Seçilen bitkilerin yerleri GPS cihazı ile kayıt altına alınmış, bitkiler işaretlenmiş ve her mevsim aynı bitkiler üzerinden örnek alınmıştır. Nisan ayında ilkbahar, temmuz ayında yaz, ekim ayında sonbahar ve şubat ayında kış örnekleri toplanmıştır. Bazı türler yaprak döktükleri için kış örnekleri alınamamıştır.

Her örnekleme döneminde her bitkiden alınan 300 gr örnek etüvde 48 saat 65°C'de kurutulmuş, 24 saat oda şartlarında bekletildikten sonra 0.1 g hassasiyetli terazi ile tartımı yapılmış ve kuru ot ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yararlanılarak kuru madde oranı yüzde olarak hesaplanmıştır (Cevheri & Avcıoğlu, 1998). Örnekler kurutulup öğütüldükten sonra kjeldahl yöntemiyle azot miktarları tayin edilmiş, tespit edilen değer 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı hesaplanmıştır (AOAC, 1990). NDF ve ADF analizleri ANKOM 220 Fiber Analizer cihazı yardımıyla Van Soest vd. (1991)'nin bildirdiği yöntemle yapılmıştır. Kondanse tanen oranının tayin edilmesinde Makkar (2003) tarafından belirtilen butanol-HCl metodundan yararlanılmıştır. TSBM ve NYD'nin hesaplanmasında Horrocks & Vallentine (1999)'in belirledikleri Denklem (1-4)'den yararlanılmıştır.

$$TSBM = (-1.291 \times ADF) + 101.35 \quad (1)$$

$$KMT = 120 / \%NDF \text{ kuru madde bazında} \quad (2)$$

$$SKM = 88.9 - (0.779 \times ADF \text{ kuru madde bazında}) \quad (3)$$

$$NYD = \%SKM \times \%KMT \times 0.775 \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemde; TSBM: Toplam sindirilebilir madde, KMT: Kuru madde tüketimi, SKM: Sindirilebilir kuru madde, NYD: Nispi yem değeri'dir.

Elde edilen sonuçlar tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre istatistik analize tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Düzgüneş vd., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmadan elde edilen verilere ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde kuru madde oranı bakımından

tüm faktörler ve etkileşimlerin %1 düzeyinde, incelenen diğer tüm özellikler bakımından ise mevsim, tür ve mevsim x tür etkileşiminin %1 düzeyinde önemli bulunduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Çalışmada mevsim ortalamaları bakımından en yüksek kuru madde oranı kış mevsiminde (%62.47) en düşük değer ise ilkbaharda (%39.39) elde edilmiştir. Çalı türleri arasında en yüksek kuru madde oranı *J. oxycedrus*'da (%60.39), en düşük değer ise *C. melanocalyx*'de (%35.05) belirlenmiştir. Mevsimler kendi içerisinde değerlendirildiğinde, ilkbaharda *J. oxycedrus*, yazın *C. monogyna*, *Q. coccifera*, *J. oxycedrus* ve *C. nummularia*, sonbahar mevsiminde *Q. coccifera*, *J. oxycedrus*, *C. nummularia* ve *Q. infectoria*'nın diğer türlere nazaran daha yüksek kuru madde oranına sahip oldukları görülmektedir. En düşük değerler ise ilkbaharda *P. spina-christi* ve *C. melanocalyx*, yaz ve sonbahar mevsiminde *C. melanocalyx*'den elde edilmiştir. Mevsim ortalamalarında

kuru madde oranları mevsimlerin ilerlemesine paralel olarak artmıştır. Ancak bazı türlerde (*C. monogyna*, *F. ornus*, *Q. coccifera* ve *C. melanocalyx*) en yüksek değerlerin yaz mevsiminde, bazı türlerde (*P. spina-christi*, *J. Oxycedrus* ve *Q. infectoria*) sonbaharda tespit edilmiş olmasından, artış ve azalış oranlarındaki farklılıklardan dolayı tür x mevsim etkileşiminin önemli çıkmıştır (Çizelge 3). Kuru madde oranları bakımından en düşük değerler bitkilerin yeşermeye başladığı, bolca yeni sürgün ve yaprak oluşturduğu ve nem oranlarının yüksek olduğu dönem olan ilkbaharda tespit edilmiş, havadaki nem oranının düşmesi ve bitkilerin kurumaya başlaması sebebiyle mevsimler ilerledikçe kuru madde oranı artmıştır. Çalı yapraklarının ihtiva ettiği kuru madde oranlarının inceleyen diğer araştırmacılar da benzer sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir (Lyons vd., 1996; Muruz vd., 2000; Khorchani vd., 2000; Pollock vd., 2007; Gökkuş vd., 2009; Tölü, 2009; Tolunay vd., 2009).

Çizelge 2. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları (Kareler Ortalaması)
Table 2. The results of the analysis of variance of the averages of the shrub species sampled in different seasons (Average Squares)

Varyasyon Kaynağı	SD		Kmo	Hpo	Ndf	Adf	Tanen	Tsbm	Nyd
	1	2	KO	KO	KO	KO	KO	KO	KO
Blok	2	2	1.61	0.44	32.80	4.28	0.98	7.13	3294.86
Yıl	-	1	69.27**	0.49	16.24**	1.06	0.16	1.76	3118.18**
Mevsim (M)	3	3	3374.43**	688.04**	922.9**	203.67**	5.66**	339.50**	86297.75**
Tür (T)	9	9	1384.12**	1065.58**	2314.99**	1279.34**	171.73**	2132.31**	251919.41**
M*Yıl İteraksiyonu	-	3	80.08**	3.12	0.79	0.63	0.05	1.05	491.64
T*Yıl İteraksiyonu	-	9	45.02**	1.14	0.87	0.79	0.17	1.32	455.56
M*T İteraksiyonu	27	27	83.92**	54.81**	39.97**	10.58**	1.92**	17.62**	3806.54**
M*T*Yıl İteraksiyonu	-	27	11.61**	1.36	0.48	0.36	0.11	0.60	141.64
Hata	78	158	3.63	1.64	1.23	0.93	0.37	1.55	243.82
Genel	119	239							

Çalışmada belirlenen ham protein oranları mevsimler bazında ele alındığında en yüksek değer ilkbaharda (%18.59) en düşük değer ise kış mevsiminde (%5.97) belirlendiği görülmektedir. Türler arasında en yüksek değer *C. emerus*'dan (%26.36) elde edilirken en düşük değer *J. oxycedrus*'dan (%5.82) elde edilmiştir. Özellikle ilkbahardaki ölçümlerde yaprak dökmeyen bitki türlerinin

ham protein oranı bakımından diğer türlere kıyasla daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Akkeçili'deki türlerin ham protein oranları mevsimler açısından incelendiğinde, ilkbahar, yaz ve sonbaharda *C. emerus* ve *C. melanocalyx*'in diğer türlerden üstün olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama kuru madde oranları (%)
Table 3. Two-year average dry matter ratios of shrub species sampled in different seasons (%)

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	55.43 de	60.67 ab	63.40 a	62.04 ab	60.39 a
<i>Quercus coccifera</i>	39.30 l-n	64.24 a	61.90 ab	62.90 ab	57.08 b
<i>Quercus infectoria</i>	42.37 kl	59.70 bc	62.03 ab	-	54.70 c
<i>Fraxinus excelsior</i>	36.70 no	53.80 e-g	54.21 d-f	-	48.24 e
<i>Fraxinus ornus</i>	36.89 m-o	52.40 e-h	51.02 f-h	-	46.77 f
<i>Paliurus spina-christi</i>	28.24 p	50.23 hi	57.32 cd	-	45.26 g
<i>Cotoneaster nummularia</i>	47.27 ij	61.67 ab	61.68 ab	-	56.87 b
<i>Crataegus monogyna</i>	44.89 jk	63.89 a	49.50 hi	-	52.76 d
<i>Colutea melanocalyx</i>	27.50 p	40.23 lm	37.42 m-o	-	35.05 h
<i>Coronilla emerus</i>	35.29 o	49.19 hi	50.51 g-i	-	45.00 g
Mevsim Ortalama	39.39 d	55.60 b	54.90 c	62.47 a	

İlkbaharda türler karşılaştırılırken kışın yaprağını döken bitki türlerinin bu mevsimdeki yapraklarının tümünün genç

olduğu, yaprak dökmeyen bitki türlerinde ise olgun ve genç yaprakların bir arada bulunduğu göz ardı edilmemelidir.

Yaprak dökmeyen türler kendi arasında değerlendirildiğinde tüm mevsimlerde en yüksek ham protein oranı *Q. coccifera*'da tespit edilmiştir. İncelenen bazı türlere ait ham protein oranlarının mevsimlere göre değişiminin düzenli olmaması nedeniyle tür x mevsim interaksyonu önemli çıkmıştır (Çizelge 4). İncelenen bütün türlerde yapraklarda en yüksek ham protein oranları ilkbaharda elde edilirken, büyüme ve gelişmenin ilerlemesi ile ham protein oranlarında düşüş tespit edilmiştir. Bitkilerde olgunlaşmanın ilerlemesi ile büyüme hızı yavaşladığından sentezlenen asimilatlar karbonhidrat şeklinde depolanmakta ve bunun sonucunda ham protein oranı düşmektedir (Koç vd., 2000). Çalıların ham protein oranlarındaki değişimlerin izlendiği birçok çalışmada da

benzer sonuçlar bildirilmiştir (Pollock vd., 2007; Gökkuş vd., 2009; Muruz vd., 2000; Lyons vd., 1996; Khorchani vd., 2000; Tölü, 2009; Ayhan vd., 2009; Tolunay vd., 2009; Aygün vd., 2018). Ruminantların beslenmesinde kullanılan yemlerin ham protein oranının %10.60 ve üzerinde olması gerektiği (NRC, 2001) düşünüldüğünde; ilkbaharda *J. oxycedrus* ve *C. monogyna* hariç tüm türler, yazın *F. excelsior*, *F. ornus*, *P. spina-christi*, *C. nummularia*, *C. monogyna*, *C. melanocalyx* ve *C. emerus*, sonbaharda ise *C. melanocalyx* ve *C. emerus* ruminantlar için yeterli ham protein oranına sahip yem sağlamışlardır. Baklagil olan *C. melanocalyx* ve *C. emerus*'un diğer türlere nazaran daha yüksek ham protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki ki yıllık ortalama ham protein oranları (%)

Table 4. Two-year average crude protein ratios of shrub species sampled in different seasons (%)

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	5.94 pq	6.02 pq	5.96 pq	5.38 q	5.82 g
<i>Quercus coccifera</i>	11.90 g-i	10.30 j-l	8.46 m-o	6.56 pq	9.31 f
<i>Quercus infectoria</i>	17.76 e	8.99 k-n	7.01 op	-	11.25 e
<i>Fraxinus excelsior</i>	20.09 d	14.66 f	10.45 i-k	-	15.07 c
<i>Fraxinus ornus</i>	19.24 de	15.49 f	10.05 j-m	-	14.93 c
<i>Paliurus spina-christi</i>	16.02 f	12.18 gh	8.40 no	-	12.20 d
<i>Cotoneaster nummularia</i>	12.81 g	10.69 h-j	9.32 j-n	-	10.94 e
<i>Crataegus monogyna</i>	10.22 j-l	8.28 no	8.75 l-n	-	9.08 f
<i>Colutea melanocalyx</i>	38.43 a	19.22 de	16.05 f	-	24.57 b
<i>Coronilla emerus</i>	33.44 b	25.46 c	20.18 d	-	26.36 a
Mevsim Ortalama	18.59 a	13.13 b	10.46 c	5.97 d	

Çalışmada elde edilen ortalama NDF oranları bakımından mevsimler karşılaştırıldığında, en düşük NDF oranının %26.72 ile ilkbaharda belirlendiği, mevsimlerin ilerlemesiyle birlikte NDF oranının arttığı ve en yüksek değer %52.25 ile kışın belirlendiği görülmektedir. Türler arasında en düşük NDF oranı *C. melanocalyx*'de (%17.59) en yüksek değer ise *Q. coccifera*'da (%45.91) tespit edilmiştir. Mevsimler kendi içinde değerlendirildiğinde,

kış hariç tüm mevsimlerde *Q. coccifera*'nın diğer türlere nazaran yüksek NDF oranına sahip olduğu, en düşük NDF oranlarının ise ilkbahar, yaz ve sonbaharda *C. melanocalyx*'de, kış mevsiminde *Q. coccifera*'da tespit edildiği görülmektedir. İncelenen bazı türlere ait NDF oranlarının mevsimlere göre değişiminin düzensiz olması nedeniyle tür x mevsim interaksyonu önemli çıkmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama NDF oranları (%)

Table 5. Two-year average NDF rates of shrub species sampled in different seasons (%)

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	34.97 i	42.25 f	46.99 d	52.92 a	44.28 b
<i>Quercus coccifera</i>	37.01 h	45.77 e	49.32 c	51.57 b	45.91 a
<i>Quercus infectoria</i>	32.16 j	39.81 g	48.01 d	-	39.99 c
<i>Fraxinus excelsior</i>	25.74 mn	31.76 j	36.86 h	-	31.45 e
<i>Fraxinus ornus</i>	26.99 lm	28.11 l	34.78 i	-	29.96 f
<i>Paliurus spina-christi</i>	17.56 p	20.70 o	24.60 n	-	20.95 g
<i>Cotoneaster nummularia</i>	29.79 k	31.32 j	34.95 i	-	32.02 e
<i>Crataegus monogyna</i>	31.79 j	35.34 i	37.93 h	-	35.02 d
<i>Colutea melanocalyx</i>	14.63 q	17.08 p	21.07 o	-	17.59 h
<i>Coronilla emerus</i>	16.55 p	21.15 o	25.89 m	-	21.19 g
Mevsim Ortalama	26.72 d	31.33 c	36.04 b	52.25 a	

NDF oranlarının mevsimlere göre değişimine bakıldığında mevsimlerin ilerlemesine bağlı olarak NDF oranlarının arttığı görülmektedir. Bu konuda çalışma yürüten birçok araştırmacı benzer sonuçları elde etmiştir (Holeček vd., 1989; Steen, 1992; Gonzalez-Andres & Ceresuela, 1998; Ventura vd., 2004; Pecetti vd., 2007; Frost vd., 2008; Özarslan Parlak vd., 2011a; Özarslan Parlak vd., 2011b; Özarslan Parlak vd., 2011c; Bouazza vd., 2012; Kökten vd.

2012; Aygün vd., 2018; Yüksel & Arslan Duru, 2019). Büyümenin ilk dönemlerinde bitki hücreleri büyük oranda su içermekte ve hücre çeperini oluşturan maddeler düşük seviyededir. Selüloz, hemiselüloz, pektin ve yapısal proteinlerden meydana gelen hücre duvarı maddelerinin birikimi bitkinin yaşlanması ile doğru orantılı olduğundan, bitki dokusunda bulunma oranları genç hücrelere nazaran olgunlaşmış hücreler ile ilişkilidir (Griffin & Jung, 1983;

Nelson & Mooser, 1994; Lyons vd., 1996; Akyıldız, 1966; Koç vd., 2000; Açıkgöz, 2001). Hücre çeperi maddelerinin

artması ile birlikte bitkilerin sindirim oranı düşmektedir (Jung & Allen, 1995).

Çizelge 6. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama ADF oranları (%)
Table 6. Two-year average ADF rates of shrub species sampled in different seasons (%)

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	29.30 c	33.77 a	32.15 b	33.32 a	32.13 a
<i>Quercus coccifera</i>	26.99 de	33.69 a	32.10 b	33.72 a	31.63 a
<i>Quercus infectoria</i>	25.94 e	27.66 d	26.58 de	-	26.73 b
<i>Fraxinus excelsior</i>	15.48 n	18.60 kl	19.03 jk	-	17.70 e
<i>Fraxinus ornus</i>	14.43 o	17.30 m	19.07 i-k	-	16.93 f
<i>Paliurus spina-christi</i>	9.38 q	11.96 p	13.75 o	-	11.70 i
<i>Cotoneaster nummularia</i>	17.75 lm	19.98 h-j	20.44 gh	-	19.39 d
<i>Crataegus monogyna</i>	20.16 g-i	21.16 g	23.67 f	-	21.66 c
<i>Colutea melanocalyx</i>	9.63 q	11.94 p	16.05 n	-	12.54 h
<i>Coronilla emerus</i>	11.51 p	16.15 n	21.06 gh	-	16.24 g
Mevsim Ortalama	18.06 d	21.06 c	22.55 b	33.52 a	

Ortalama ADF oranlarının yer aldığı Çizelge 6 incelendiğinde mevsimler arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu, mevsimlerin ilerlemesine paralel olarak ADF oranının da arttığı görülmektedir. En düşük ADF oranı ilkbaharda (%18.06) tespit edilmiş, mevsimlerdeki ilerleme ile doğru orantılı olarak ADF oranı da yükselmiş ve en yüksek ADF oranı kışın (%33.52) belirlenmiştir. Araştırmadan incelenen türler arasında en değer *P. spina-christi*'de (%11.70) tespit edilirken, en yüksek ADF oranı ise *J. oxycedrus* ve *Q. coccifera*'da (%32.13 ve 31.63) tespit edilmiştir. Her

mevsim kendi içinde ele alındığında, en yüksek değerler ilkbaharda *J. oxycedrus*, yaz ve sonbahar mevsiminde *Q. coccifera* ve *J. oxycedrus*'da ölçülürken, en düşük değerler ilkbaharda ve yazın *P. spina-christi* ve *C. melanocalyx*, sonbaharda *P. spina-christi*'de ölçülmüştür. İncelenen türlere ait ADF oranları mevsimlerin ilerlemesine bağlı olarak genellikle artış göstermiştir. Yazdan sonbahara geçişte bazı türlerde istatistiksel olarak bu artışın olmamasından dolayı (*Q. coccifera*, *J. Oxycedrus*, *F. excelsior*, *C. nummularia* ve *Q. infectoria*) tür x mevsim etkileşimlerinin önemli çıktığı görülmüştür.

Çizelge 7. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama TSBM değerleri
Table 7. Two-year average TDN values of shrub species sampled in different seasons

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	63.53 o	57.75 q	59.85 p	58.34 q	59.87 i
<i>Quercus coccifera</i>	66.51 mn	57.86 q	59.91 p	57.82 q	60.52 i
<i>Quercus infectoria</i>	67.86 m	65.64 n	67.03 mn	-	66.84 h
<i>Fraxinus excelsior</i>	81.37 d	77.34 fg	76.78 gh	-	78.50 e
<i>Fraxinus ornus</i>	82.73 c	79.02 e	76.73 g-i	-	79.49 d
<i>Paliurus spina-christi</i>	89.24 a	85.91 b	83.61 c	-	86.25 a
<i>Cotoneaster nummularia</i>	78.44 ef	75.56 h-j	74.97 jk	-	76.32 f
<i>Crataegus monogyna</i>	75.32 i-k	74.03 k	70.79 l	-	73.38 g
<i>Colutea melanocalyx</i>	88.91 a	85.94 b	80.63 d	-	85.16 b
<i>Coronilla emerus</i>	86.49 b	80.51 d	74.17 jk	-	80.39 c
Mevsim Ortalama	78.04 a	74.17 b	72.24 c	58.08 d	

Ruminantların günlük tükettikleri otun NDF oranının %45.80 ve altında, ADF oranının ise %25 ve altında olması gerektiği (NRC, 2001) dikkate alındığında; ilkbahar ve yaz mevsiminde *J. oxycedrus* ve *Q. coccifera*, sonbaharda ise *J. Oxycedrus*, *Q. coccifera* ve *Q. infectoria* hariç tüm türler istenen düzeyde lif oranına sahiptirler. Mevsimler açısından en düşük ADF oranı ilkbaharda tespit edilmiş ve mevsimlerin ilerlemesi ile beraber artmıştır (Çizelge 6). Bu konuda çalışan birçok araştırmacı da benzer bulgular elde etmiştir (Castle, 1982; Huston & Pinchak, 1991; Ventura vd., 1999; Pecetti vd., 2007; Özarslan Parlak vd., 2011b; Bouazza vd., 2012; Yüksel & Arslan Duru, 2019).

Bütün türlerde TSBM oranları bakımından en yüksek değerler ilkbahar mevsiminde elde edilmiş olup, mevsimlerin ilerlemesi ile beraber düşmüştür. En yüksek

değer %78.04 ile ilkbaharda elde edilirken, en düşük değer %58.08 ile kışın tespit edilmiştir. Toplam sindirilebilir besin maddesi oranı bakımından Akkeçili'deki türler arasında en yüksek değer *P. spina-christi*'den (%86.25), en düşük değerler ise %59.87 ve 60.52 ile *J. oxycedrus* ve *Q. coccifera*'dan elde edilmiştir. Akkeçili'deki türleri, her mevsim içerisinde ayrı ayrı karşılaştırdığımızda, ilkbahar ve yaz mevsiminde *P. spina-christi* ve *C. melanocalyx*, sonbaharda *P. spina-christi* türlerinin en yüksek değerlere sahip oldukları, en düşük değerlerin ise ilkbahar mevsiminde *J. oxycedrus*, yaz ve sonbaharda *J. oxycedrus* ve *Q. coccifera*'da tespit edildiği görülmektedir. Yaz mevsiminden sonbahara gelindiğinde çoğu türün TSBM oranı düşerken, bazı türlerde (*Q. coccifera*, *J. oxycedrus*) yükselmesi, bazılarında ise (*F. excelsior*, *C. nummularia* ve *Q. infectoria*) değişim gözlenmemesi nedeniyle mevsim

x tür etkileşimini önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek TSBM değerleri ilkbahar mevsiminde tespit edilmiş olup, mevsimlerin ilerlemesi ile beraber düşmüştür. İlkbahar mevsiminden kış mevsimine kadar, TSBM değerleri %78.04'ten %58.08'e düşmüştür (Çizelge

7). Türk vd. (2018) Isparta'da *Q. coccifera*'nın yem değerlerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada en yüksek TSBM değerlerini ilkbahar aylarında tespit etmişler ve bu değerlerin sonbahara kadar düşüş gösterdiğini saptamışlardır.

Çizelge 8. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama nispi yem değerleri
Table 8. Two-year average relative feed values of shrub species sampled in different seasons

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	175.72 m-p	137.78 q	126.38 q-s	110.62 s	137.63 i
<i>Quercus coccifera</i>	170.58 op	127.33 q-s	120.49 q-s	112.95 rs	132.84 i
<i>Quercus infectoria</i>	198.62 kl	157.33 p	132.11 qr	-	162.68 h
<i>Fraxinus excelsior</i>	278.49 ef	218.44 ij	187.38 l-o	-	228.10 e
<i>Fraxinus ornus</i>	267.57 f	249.50 gh	198.00 kl	-	238.36 d
<i>Paliurus spina-christi</i>	432.08 b	357.55 c	295.67 e	-	361.76 b
<i>Cotoneaster nummularia</i>	234.37 hi	217.74 i-k	194.18 lm	-	215.43 f
<i>Crataegus monogyna</i>	214.11 jk	190.58 l-n	172.75 n-p	-	192.48 g
<i>Colutea melanocalyx</i>	517.36 a	433.45 b	337.24 d	-	429.35 a
<i>Coronilla emerus</i>	449.16 b	335.68 d	260.44 fg	-	348.43 c
Mevsim Ortalama	293.81 a	242.54 b	202.46 c	111.79 d	

Akkeçili lokasyonunda elde edilen ortalama nispi yem değerleri incelendiğinde mevsimler arasında önemli farklılığın olduğu ve mevsimlerin ilerlemesi ile nispi yem değerinin azaldığı, en yüksek değer ilkbaharda (293.8) belirlendiği en düşük değer ise kış mevsiminde (111.8) elde edildiği görülmektedir. Türler arasındaki en yüksek değer 429.4 ile *C. melanocalyx*'den elde edilirken, en düşük değer 132.8 ve 137.6 ile *Q. coccifera* ve *J. oxycedrus*'den elde edilmiştir. Türlerin nispi yem değerleri

mevsimler açısından ele alındığında, ilkbahar, yaz ve sonbaharda *C. melanocalyx*'in en yüksek nispi yem değerlerine sahip olduğu, en düşük değerlerin ise *Q. coccifera* ve *J. oxycedrus*'den elde edildiği görülmektedir. Nispi yem değerleri ilkbahardan yaz geçildiğinde türlerin çoğunda azalırken, *Q. coccifera* ve *J. oxycedrus*'da istatistiki olarak önemli derecede azalmanın olmaması nedeniyle tür x mevsim etkileşimi önemli çıkmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 9. Farklı mevsimlerde örneklenen çalı türlerinin iki yıllık ortalama tanen oranları (%)
Table 9. Two-year average tannin ratios of shrub species sampled in different seasons (%)

Çalı Türleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Tür Ortalama
<i>Juniperus oxycedrus</i>	6.65 cd	7.50 b	7.25 bc	8.39 a	7.45 a
<i>Quercus coccifera</i>	2.77 h	2.44 hi	3.59 g	3.64 g	3.11 c
<i>Quercus infectoria</i>	0.91 kl	1.92 ij	1.69 j	-	1.51 d
<i>Fraxinus excelsior</i>	0.42 lm	0.49 lm	0.55 lm	-	0.49 e
<i>Fraxinus ornus</i>	0.48 lm	0.49 lm	0.61 lm	-	0.53 e
<i>Paliurus spina-christi</i>	1.96 ij	1.44 jk	2.04 ij	-	1.81 d
<i>Cotoneaster nummularia</i>	4.01 g	7.60 b	6.15 de	-	5.92 b
<i>Crataegus monogyna</i>	5.34 f	5.77 ef	6.97 bc	-	6.03 b
<i>Colutea melanocalyx</i>	0.49 lm	0.53 lm	0.71 lm	-	0.57 e
<i>Coronilla emerus</i>	0.56 lm	0.68 lm	0.85 kl	-	0.70 e
Mevsim Ortalama	2.36 c	2.89 b	3.04 b	6.02 a	

Çalışmada nispi yem değeri bakımından en yüksek değerler ilkbaharda tespit edilirken, mevsimlerin ilerlemesi ile beraber düşüş göstermiştir. NYD İlkbahardan kışa kadar 293.8'den 111.8'e düşmüştür (Çizelge 8). Nispi yem değeri, ADF ve NDF oranlarından yararlanılarak hesap edilen ve yemlerin kalitesini mukayese etmede kullanılan bir kriter olması sebebiyle bitkinin ihtiva ettiği lif oranı yemin nispi yem değerini doğrudan etkilemektedir (Moore & Undersander, 2002). Kökten vd. (2012) Adana'da yürüttükleri bir çalışmada nispi yem değerlerinin çiçeklenme öncesinden meyve bağlama dönemine kadar *Q. coccifera*'da 328.0'den 107.7'ye, *P. latifolia*'da 186.6'dan-160.1'a, *P. spina-christi*'de 384.4'dan 234.6'a, *P. terebinthus*'da 769.3'den 402.8'e düştüğünü bildirmişlerdir. Türk vd. (2018), Isparta'da *Q. coccifera*'nın yem değerini inceledikleri bir çalışmada

nispi yem değeri bakımından en yüksek değerleri ilkbahar aylarında belirlemişler, sonbahara gelindikçe bu değer azaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada da yer alan *Q. coccifera*'da nispi yem değeri bakımından benzer bir düşüş gözlemlenmiştir. Temel (2015), Iğdır'da yaptığı çalışmada nispi yem değerleri bakımından en yüksek değerleri bitki gelişiminin ilk dönemlerinde elde ettiğini belirtmiştir. Bu sonuçlar elde ettiğimiz bulgularla benzerlik göstermektedir.

Mevsim ortalamaları bakımından en yüksek tanen oranı kış mevsiminde (%6.2) en düşük değer ise ilkbaharda (%2.36) elde edilmiştir. Türler arasında en yüksek değer *J. oxycedrus*'da (%7.45), en düşük değerler ise *F. excelsior*, *F. ornus*, *C. melanocalyx* ve *C. emerus*'da belirlenmiştir. Mevsimler kendi içerisinde değerlendirildiğinde, ilkbahar,

yaz ve sonbaharda *F. excelsior*, *F. ornus*, *C. melanocalyx* ve *C. emerus*'un en düşük tanen oranına sahip olduğu, en yüksek oranlara sahip olan türlerin ise ilkbaharda *J. oxycedrus*, yazın *J. oxycedrus* ve *C. nummularia*, sonbaharda *C. monogyna* ve *J. oxycedrus* olduğu tespit edilmiştir. Tür x mevsim interaksiyonları incelendiğinde, yazdan sonbahara geçildiğinde bazı türlerde (*C. monogyna* ve *Q. coccifera*) tanen oranı artarken, bazı türlerde azalmış (*C. nummularia*), türlerin bazılarında ise (*F. excelsior*, *F. ornus*, *P. spina-christi*, *J. oxycedrus*, *Q. infectoria*, *C. melanocalyx* ve *C. emerus*) değişmediği görülmüştür. Tanen oranlarının mevsimlere göre değişiminin düzenli olmaması sebebiyle tür x mevsim interaksiyonu istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 10). İlkbahardan kış mevsimine kadar tanen oranları yükseliş göstermiştir. Alatürk vd. (2014), Çanakkale'de çalılar üzerine yürüttükleri çalışmada, en düşük tanen oranını ilkbaharda, en yüksek oranını ise kış mevsiminde tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızda elde edilen mevsimsel değişim ile benzerlik göstermektedir.

Bitkilerin tanen oranları üzerine olgunlaşma, genetik farklılıklar ve çevre faktörlerinin etkili olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Barry & Forss, 1983; Mueller-Harvey & Dhanoa, 1991). Çalı ve ağaç türlerinin hayvanlar tarafından tercih edilmesini engelleyen ve sindirim oranını düşüren faktörlerden birisi de tanen oranıdır (Altın vd., 2021). Proantosiyanidinler, genellikle kondanse tanenler olarak bilinir ve yem bitkisi olarak değerlendirilen ağaç ve çalı türlerinde en çok rastlanan tanen grubudur (Hagerman, 1987; Gutteridge & Shelton, 1994). Tanen içerikleri bitki türü, dokusu ve gelişim dönemi açısından değişmektedir. Büyükbaşlar rasyon içerisinde %1-4 koyunlar %6, keçiler ise %8-10 oranında taneni tolere edebilmektedirler. Tanenin yapısı ve çeşitli faktörlere göre etkisi değişse de genelde geviş getiren hayvanlar için kabul edilen sınır değer %5'tir (Piluzza vd., 2014). Tanen içeriğinin %5'in üzerinde olması halinde toksik etkilere neden olabilmektedir (Brooker vd., 1994). İlkbaharda *C. monogyna* ve *J. Oxycedrus* hariç, yaz ve sonbahar mevsiminde *C. monogyna*, *J. Oxycedrus* ve *C. nummularia* hariç tüm türlerin, kışın ise *Q. coccifera*'nın %5'in altında tanen oranına sahip oldukları tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, incelenen türlerin çoğunun yeterli besleme değerine sahip olduğu ve bilhassa ilkbahar ve yaz aylarında yüksek besleme değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Geviş getiren hayvanların tükettikleri otun en az %10.60 oranında ham protein içermesi gerektiği dikkate alındığında, bu türleri otlayan hayvanlar için yeterli kalitede ot ürettikleri, ilkbahar ve yaz mevsiminde ilave bir yemlemeye ihtiyaç duyulmadığı belirlenmiştir (NRC, 2001). Ayrıca sonbaharda bile bu değere çok yakın bir ortalama değer elde edildiği göz ardı edilmemelidir.

Yaz ve sonbaharda çayır ve meralardaki yeşil ot varlığının giderek azalmasına karşın maki türlerinin yeşilliğini ve mevcudiyetini sürdürebildiği, yem değerini otsu türlere nazaran daha iyi muhafaza edebildiği düşünüldüğünde bu

türlerden istifade etmenin ekonomik ve kaliteli yem temini açısından büyük önem taşıdığı görülmektedir.

Yaprak dökmeyen türler her mevsim yem kaynağı durumundadırlar. Yaprak dökmeyen türlerin vejetasyondaki oranı, sonbahar ve kış mevsiminde ürettikleri yemin niteliği göz önüne alındığında bu dönemde ilave yemleme yapılmasının otlayan hayvanların sağlık ve verimlilikleri bakımından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmada incelenen kalite kriterlerinin tümü beraber incelendiğinde *C. melanocalyx*, *C. emerus* ve *P. spina-christi*'nin öne çıktığı, bunun yanı sıra maki türlerinin çoğunun meraların dormant olduğu yaz ve sonbahar döneminde bile koyun ve keçiler için kaliteli kaba yem ürettiği tespit edilmiştir. Maki türlerinin hayvan beslemede kullanılması ile meralarda otlatma süresinin uzatılabileceği ve hayvansal üretimde en büyük girdiyi oluşturan yem masraflarının azaltılarak ekonomik yönden büyük bir avantaj sağlanabileceği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Emre BIÇAKÇI'nın doktora tezinden türetilmiştir. Bu tez çalışmasına 1190744 numaralı proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

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

- Açıkgöz, E. (2001). *Yem Bitkileri (3. Baskı)*. Uludağ Üniversitesi Bursa, Güçlendirme Vakfı Yayın VİPAŞ A.Ş.
- Akıyıldız, A.R. (1966). *Yeşil Yemlerin Saklanması, Yedek Yemler, Ticaret Yemleri, Yemler Bilgisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Akıyıldız, A.R. (1984). *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu (İlave İkinci Baskı)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Alatürk, F., Alpars, T., Gökkuş, A., Coşkun, E., & Akbağ, H. (2014). Bazı türlerin besin maddesi içeriklerinin mevsimsel değişimi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 133-141.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2021). *Çayır Mera Islahı* (İkinci baskı). Ankara, Palme Yayınevi.
- AOAC, (1990). *Official Methods of Analysis 15th edition*. Washington, DC, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Aygün, C., Kara, İ., Hanoğlu Oral, H., Erdoğan, İ., Atalay, A.K., & Sever, A.L. (2018). Bazı çalı bitkilerinin mevsimsel (ilkbahar, yaz, sonbahar) yaprak verimleri, besin madde içerikleri ve rumende parçalanma düzeyinin belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 7(1), 7-17.
- Aygün, C., Olgun, M., Potoğlu Erkar, İ., Koyuncu, O., Ardic, M., & Sezer, O. (2020). *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst, *Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt, *Quercus infectoria* G. Olivier ve *Quercus robur* L.'un Yem Olarak Kullanılabilirliği. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 13(3), 209-216.
- Ayhan, V., Tolunay, A., & Adiyaman, E. (2009). The effects of different vegetation periods on chemical composition of kermes oak (*Quercus coccifera* L.). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4(2), 99-103. <https://doi.org/10.3923/ajava.2009.99.103>
- Bakoğlu, A., Koç, A., & Gökkuş, A. (1999). Dominant mer'a bitkilerinin biyomass ve kimyasal kompozisyonlarının büyüme dönemindeki

- değişimi, II. kimyasal kompozisyondaki değişimler. *Türk Tarım ve Orman Dergisi*, 23(2), 495-508.
- Baytekin, H., Yurtman, İ.Y., & Savaş, T. (2005). Süt Keçiciliğinde Kaba Yem Üretim Organizasyonu. *Süt Keçiciliği Ulusal Kongresi*, 26-27 Mayıs 2005, İzmir. 26-27.
- Bouazza, L., Bodas, R., Boufennara, S., Bousseboua, H., & Lopez, S. (2012). Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi-arid areas. *Journal Animal Feeding Science*, 21(3), 521-536. <https://doi.org/10.22358/jafs/66126/2012>
- Brooker, J.D., O'donovan, L.A., Skene, I., Clarke, K., Blackall, L., & Muslera, P. (1994). *Streptococcus caprinus* sp. nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. *Letters in Applied Microbiology*, 18(6), 313-318.
- Castle, M.E. (1982). Feeding high quality silage. In: Silage for Milk Production. NIRD/HRI Technical Bulletin No. 2, 127-150.
- Cevheri, A. C., & Avcıoğlu, R. (1998). *Bornova Koşullarında 11 Farklı Yonca Çeşidinin Verim ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metotları II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Frost, R.A., Wilson, L.M., Launchbaugh, K.L., & Hovde, E.M. (2008). Seasonal change in forage value of rangeland weeds in Northern Idaho. *Invasive Plant Science and Manage.* 1(4), 343-351. <https://doi.org/10.1614/IPSM-07-061.1>
- González-Andrés, F., & Ceresuela, J.L. (1998). Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41(2), 139-147. <https://doi.org/10.1080/00288233.1998.9513297>
- Gökkuş, A., Özaslan Parlak, A., Hakyemez, H., Baytekin, H., & Parlak, M. (2009). Maki Örtüsünde Yer Alan Bitki Türlerinin Botanik Özellikleri ile Besleme Değerlerindeki Değişimin Belirlenmesi. TÜBİTAK TOVAG Projesi, Proje No: 106O458, 147s.
- Griffin, J.L., & Jung, G.A. (1983). Leaf and stem forage quality of big bluestem and switchgrass. *Agronomy Journal*, 75(5), 723-726. <https://doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500050002x>
- Gutman, M., Henkin, Z., & Hlzer, Z. (1999). *Comparative performance of beef cattle on herbaceous and woody vegetation*. Grassland and Science in Europe, May, Thessaloniki, Greece, 4, 365-371.
- Gutteridge, R.C., & Shelton, H.M. (1998). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Wallingford: Cab International.
- Hagerman, E.A. (1987). Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts. *Journal of Chemical Ecology*, 13(3), 437-449. <https://doi.org/10.1007/BF01880091>
- Holechek, J.L., Estell, R.E., Kuykendall, C.B., Valdez, R., Cardenas, M., & Nunez-Hernandez, G. (1989). Seeded wheatgrass yield and nutritive quality on New Mexico big sagebrush range. *Journal Range Management*, 42(2), 118-122.
- Horrocks R.D., & Vallentine J.F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press, London, UK.
- Huston, J.E., & Pinchak, W.E. (1991). Range animal nutrition. *Grazing management an ecological perspective*. 27-63.
- Jung, H.G., & Allen, M.S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2774-2790.
- Kamalak, A. (2006). Determination of nutritive value of leaves of a native grown shrub, *Glycyrrhiza glabra* L. using in vitro and in situ measurements. *Small Ruminant Research*, 64(3), 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.09.003>
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Gürbüz, Y., Özyay, O., Erer, M., & Özkan, Ç.Ö. (2005). Kondense tanenim rumimant hayvanlar üzerindeki etkileri hakkında bir inceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 132-137.
- Khorchani, T., Hammadi, M., Abdouli, H., & Essid, H. (2000). *Determination of Chemical Composition and in vitro Digestibility in Four Halophytic Shrubs in Southern Tunisia*. Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-Arid Zones. October 27-November 2, 1996, Hammamet, Tunisia, 540-550.
- Koç, A. (2000). Turkish rangelands and shrub culture. *Rangelands*, 22(4), 25-26. https://doi.org/10.2458/azu_rangelands_v22i4_koc
- Koç, A., Gökkuş, A., Bakoğlu, A., & Özaslan, A. (2000). Temporal variation in chemical properties of plant samples during grazing season from Palandoken rangelands Erzurum. *Proceedings of the International Animal Nutrition Congress*, September 4-6, Isparta, 471-478.
- Kökten, K., Kaplan, M., Hatipoğlu, R., Saruhan, V., & Çınar, S. (2012). Nutritive value of Mediterranean shrubs. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(1), 188-194.
- Lyons, R.K., Machen, R., & Forbes, T.D.A. (1996). *Why Range Forage Quality Changes*. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service; no. 6036. 7p.
- Mahipala, M.K., Krebs, G.L., McCafferty, P., & Dods, K. (2009). Effects of supplementation with *Chamaecytisus palmensis*, grown in the Western Australian Mediterranean environment, on the nutritive value of sheep diets. *Small Ruminant Research*, 84(1-3), 54-60.
- Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49(3), 241-256. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1)
- Moore, J.E., & Undersander, D.J. (2002). Relative forage quality: A proposal for replacement for relative feed value. 2002 Proceedings National Forage Testing Association.
- Mueller-Harvey, I., & Dhanoa, M.S. (1991). Varietal differences amongst sorghum crop residues in relation to their phenolic HPLC fingerprints and responses to different environments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57(2), 199-216. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740570206>
- Muruz, H., Baytok, E., Aksu, T., & Terzioğlu, O. (2000). Erciş-Altındere tarım işletmesi doğal merasının kalitesi. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11(1), 66-70.
- Narvaez, N., Brosh, A., & Pittroff, W. (2010). Seasonal dynamics of nutritional quality of California chaparral species. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1-2), 44-56. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.03.014>
- National Research Council, (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington, DC., National Academic Science.
- Nelson, C.J. & Moser, L.E. (1994). Plants factors affecting forage quality. In *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. 115-154.
- Papachristou, T.G., & Papanastasis V.P. (1994). Forage value of Mediterranean deciduous woody fodder species and its implication to management of silvo-pastoral systems for goats. *Agroforestry Systems*, 27(3), 269-282. <https://doi.org/10.1007/BF00705061>
- Papachristou, T.G. (1997). Foraging behaviour of goats and sheep on Mediterranean kermes oak shrublands. *Small Ruminant Research*, 24(2), 85-93. Doi: 10.1016/S0921-4488(96)00942-X
- Papachristou, T.G., Nastis, A.S., Mathur, R., & Hutchings, M.R. (2003). Effect of physical and chemical plant defenses on herbivory: Implications for Mediterranean shrubland management. *Basic and Applied Ecology*, 4(5), 395-403.
- Papachristou, T.G., Plastis, P.D., Papanastasis, V.P., & Tsiouvaras, C.N. (1999). Use of deciduous woody species as a diet supplement for goats grazing mediterranean shrublands during the dry season. *Animal Feed Science and Technology*, 80(3-4), 267-279.
- Parlak, A.O., Gokkus, A., Hakyemez, B.H., & Baytekin, H. (2011a). Shrub yield and forage quality in Mediterranean shrublands of west Turkey for a period of one year. *African Journal of Agricultural Research*, 6(7), 1726-1734.
- Parlak, A.O., Gokkus, A., Hakyemez, B.H., & Baytekin, H. (2011b). Forage yield and quality of kermes oak and herbaceous species throughout a year in Mediterranean zone of western Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(1), 510-515.
- Parlak, A.O., Gokkus, A., Hakyemez, B.H., & Baytekin, H. (2011c). Forage quality of deciduous woody and herbaceous species throughout a year in Mediterranean shrublands of Western Turkey. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3), 513-518.
- Parlak, M., Gökkuş, A., & Parlak Özaslan, A. (2012). Çanakkale meralarında bazı çalılırların toprak özelliklerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 88-98.
- Pecetti, L., Tava, A., Pagnotta, M.A., & Russi, L. (2007). Variations in forage quality and chemical composition among Italian accessions of *Bituminaria bituminosa* (L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 985-991. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2792>
- Perevolotsky, A., Landau, S., Kababya, D., & Ungar, E.D. (1998). Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. *Applied Animal Behaviour Science*, 57(1-2), 117-131. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00120-2)
- Piluzza, G., Sulas, L., & Bullitta, S. (2014). Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability. *Grass and Forage Science*, 69(1), 32-48. <https://doi.org/10.1111/gfs.12053>

- Pollock, M.L., Legg, C.J., Holland, J.P., & Theobald, C.M. (2007). Assessment of expert opinion: seasonal sheep preference and plant response to grazing. *Rangeland Ecology & Management* 60(2), 125-135. <https://doi.org/10.2111/06-032R2.1>
- Silva-Pando, F.J., Gonzalez Hernandez, M.P., & Castro Garcia, P. (1999). Nutritional characteristics of some common woody plants in shrublands of Galicia (Northwest Iberian Peninsula). *Grassland and Science in Europe*. (pp. 121-125).
- Steen, R.W.J. (1992). The performance of beef cattle given silages made from perennial ryegrasses of different maturity groups, cut on different dates. *Grass Forage Science*, 47(3), 239-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02268.x>
- Temel, S. (2007). *Erdemli (Mersin) Yöresi Makiliklerinde Türlerin Tespiti ve Yem Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Temel, S. (2015). Vejetatif ve tohum olgunlaştırma döneminde *Salsola tragus* L. ve *Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. & Schweinf.'nin yem kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1), 23-30.
- Tolera, A., Khazaal, K., & Orskov, E.R. (1997). Nutritive evaluation of some browses species, *Animal Feed Science and Technology*, 67(2-3), 181-195.
- Tolunay, A., Adıyaman, E., Akyol, A., & İnce, D. (2009). Herbage growth and fodder yield characteristics of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) in a vegetation period. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(2), 290-294.
- Tölu, C. (2009). *Farklı Keçi Genotiplerinde Davranış, Sağlık ve Performans Özellikleri Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tsiouvaras, C.N. (1987). Ecology and management of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) shrublands in Greece. *Journal of Range Management*, 40(6), 542-546. Doi: 10.2307/3898877
- Türk, M., Alagöz, M., & Bıçakçı, E. (2018). Seasonal changes in the morphological traits and forage quality of kermes oak (*Quercus coccifera* L.). *Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, 61(2), 86-89.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 71, 3583-3597.
- Ventura, M.R., Castanon, J.I.R., Pielain, M.C., & Flores, M.P. (2004). Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Rumex lunaria*, *Acacia salicina*, *Cassia sturtii* and *Adenocarpus foliosus*. *Small Ruminant Research*, 52(1-2), 13-18. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00225-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00225-6)
- Ventura, M.R., Flores, M.P., & Castanon, J.I.R. (1999). Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Acacia salicina* and *Medicago arborea*. *Cashiers Options Méditerranéenne*, 39, 171-173.
- Vrahnakis, M. S., Fotiadis, G., Chouvardas, D., Mantzanas, K., & Papanastasis, V. P. (2005). *Components of Floristic Diversity in Kermes Oak Shrublands*. 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation, August 29-31, Tartu, Estonia, 149-152.
- Yılmaz, K.T. (1996). *Akdeniz Doğal Bitki Örtüsü*, Adana, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Yüksel, O., & Duru, A.A. (2019). Uşak ili doğal vejetasyonlarında bulunan bazı türlerin besin maddesi içeriklerinin dönemsel değişimi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 324-331.



Nesne Tespit Algoritması (YOLOv4) Kullanarak Patates Böceğinin (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) Patates Bitkisi Üzerinde Tespiti ve Populasyon İzleme Olanakları

Mustafa BİÇGİ^{1*}, İsmail KARACA¹

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

*Sorumlu yazar: mustafabcg@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi:28/11/2022

Kabul tarihi:13/12/2022

Anahtar Kelimeler: *Leptinotarsa decemlineata*, Nesne tespiti, Patates böceği, Yapay zeka, YOLOv4

DOI: 10.55979/tjse.1210904

ÖZET

Bu çalışmada, YOLOv4 nesne tespit algoritmasıyla patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*)'nin ergin ve son dönem (3. ve 4. dönem) larvalarının patates bitkisi üzerinde tespitinin yapılması araştırılmıştır. Eğitim sonucunda “cfg yapılandırma” dosyasında ağırlık girişi görüntü çözünürlüğü “416×416”, “608×608”, “832×832”, “1024×1024” ve “1440×1440” olarak değiştirilerek en uygun model tespit edilmeye çalışılmıştır. Eğitim sonucunda “cfg yapılandırma” dosyasında giriş görüntü boyutunun “1024×1024” değiştirilmesiyle 3000. iterasyonda en uygun nesne algılayıcısı modeli elde edilmiştir. Önerilen modele ait başarı ölçütü olarak Duyarlılık 0.78, kesinlik 0.85, F-ölçütü 0.81, ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) 87.53 ve keşitirilmiş bölge (IoU) 57.99 değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemi kullanılarak kışlamadan çıkan ergin patates böceklerinin çıkış zamanının saptanması ele alınmıştır. Kışlamadan çıkan ergin patates böceklerinin sarı yapışkan tuzaklar ve çukur tuzaklarla yakalanma durumu incelenmiştir. YOLOv4 nesne tespit algoritması kullanılarak tuzakların erken uyarı sistemlerinde kullanılabilirliği ve populasyon izleme olanakları araştırılmıştır.

Detection and Population Monitoring of Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) on Potato Plant Using Object Detection Algorithm (YOLOv4)

ARTICLE INFO

Received: 28/11/2022

Accepted: 13/12/2022

Keywords: *Leptinotarsa decemlineata*, Object detection, Colorado potato beetle, Artificial intelligence, YOLOv4

DOI: 10.55979/tjse.1210904

ABSTRACT

In this study, the detection of adult and late stage (3rd and 4th stages) larvae of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) on potato plant was investigated with the YOLOv4 object detection algorithm. At the end of the training, the most suitable model was tried to be determined by changing the input image resolution of the network to “416×416”, “608×608”, “832×832”, “1024×1024” and “1440×1440” in the “cfg configuration” file. As a result of the training, the most suitable object detector model was obtained in the 3000th iteration by changing the input image resolution to “1024×1024” in the “cfg configuration” file. Recall 0.78, precision 0.85, F1-score 0.81, mAP 87.53 and IoU 57.99 was obtained as the evaluation metric of the suggested model. In addition, determining the emergence time of overwintered adult potato beetle by using yellow sticky traps, pitfall traps and visual inspection method were discussed. The catching status of overwintered adult potato beetles emerging with yellow sticky traps and pitfall traps was investigated. The usability of traps in early warning systems and the population monitoring were investigated by using the YOLOv4 object detection algorithm.

1. Giriş

Patates; birim alandan alınan verimin fazlalığı, içeriğinde bulunan besin değerinin ve farklı iklim bölgelerinde adaptasyonunun yüksek oluşu gibi özellikleriyle, dünyanın birçok bölgesinde kolaylıkla yetişebilen ve önemli bir besin kaynağı olarak kullanılan tek yıllık bir kültür bitkisidir. Patates çok değerli bir besin kaynağı olup tüketimi her geçen gün artmaktadır. Besin değeri yüksek ve kullanım alanları geniş olmasıyla, giderek büyüyen açlık sorununa çözüm olabilecek en önemli gıdaların başında gelmektedir (Arioğlu & Onaran, 2002).

Patates tarımı dünya ülkelerinin %79'unda yapılmakta ve üretim miktarı olarak buğday, mısır ve pirinçten sonra 4. sırada yer almaktadır (Onaran vd., 2000).

Ülkemizdeki patates üretim verilerine bakıldığında 2021 yılında 1.389.175 dekar alanda ekim yapılmış olup 5

milyon 100 bin ton üretim yapılmıştır. Dekara ortalama 3 bin 682 kg ürün elde edilmiştir. Ülkemizde 2021 yılında patates üretimi bakımından en fazla üretim Konya ilinde yapılmıştır. Üretim olarak Konya ilini sırasıyla Niğde ve Afyonkarahisar illeri takip etmektedir. Üretim açısından ülkemizde üçüncü sırada bulunan Afyonkarahisar ilinde 2021 yılı itibarıyla 151 bin 38 dekar alanda 562 bin 927 ton patates üretimi yapılmıştır (TUİK, 2022).

Patates bitkisinde verim kaybına neden olan birçok hastalık ve zararlı bulunmasına karşın patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) bunlar arasında en kritik öneme sahiptir. Geniş sıcaklık toleransı nedeniyle patates yetiştiriciliğinin yapıldığı tüm bölgelerde görülebilmektedir (Worner, 1988).

Patates böceği larvaları, özellikle bitkinin erken dönemlerinde yüksek populasyon yoğunluğunda büyük oranda zarar meydana getirmektedir. Mücadele

yapılmaması durumunda oluşabilecek zararın oranı bitkinin tolere edemeyeceği seviyelere kadar çıkabilmektedir (Christie vd., 1991). Şekil 1’de patates böceği mücadelesine geç kalınmış bir patates parseli görülmektedir.



Şekil 1. Patates böceğinin patates bitkisinde meydana getirdiği zarar (Oriijinal)

Figure 1. The damage caused by the Colorado potato beetle to the potato plant

Bitki sağlığının izlenmesi ile hastalık ve zararlıların erken tespiti ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması bitkisel üretimdeki kayıpları en aza indirmek, birim alandan alınan ürün miktarını artırmak ve ürün kalitesini yükseltmek için büyük önem arz etmektedir (Altaş vd., 2019). Makine öğrenmesi algoritmaları, bilgisayarlı görü ve donanımsal gelişmeler tarımdaki sorunlara yönelik çözüm bulmada gelecek vaat etmektedir (Patrício & Rieder, 2018). Modern bilgisayar biliminin gelişmesiyle birlikte, bilgisayarlı görü, zararlıları kategorize etmek için giderek daha yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım haline gelmiştir. Çünkü geleneksel zararlı sınıflandırma yöntemlerinde yüksek zaman gereksinimi ve yoğun emek bulunmaktadır (Liu vd., 2019). Bilgisayarlı görü uygulamalarının yaygınlaşması, görüntü işleme alet ve ekipmanlarının hesaplama kapasitelerinin artması ve üretim maliyetlerinin düşmesi tarım alanında yapay zeka teknolojilerine olan ilginin artmasını sağlamaktadır (Mahajan vd., 2015).

Tek aşamalı nesne tespit modellerinden olan YOLO algoritması ilk olarak 2016 yılında Joseph Redmon vd. tarafından “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection” adlı makale ile tanıtılmıştır. YOLO sözcüğü “Sadece Bir Kez Bak” kelimesinin kısaltılmasıdır. YOLO (You Only Look Once) algoritması nesne tespiti yapmak için yeni bir yaklaşım sunmuş, geleneksel nesne tespit yöntemlerinin aksine nesne algılama işleminde uzamsal olarak ayrılmış çevreyeici kutuları ve ilişkili sınıf olasılıklarını regresyon problemi olarak ele almıştır. Tek bir sinir ağı, tek bir değerlendirme yaparak çevreyeici kutuları ve sınıf olasılıklarını tüm görüntüden doğrudan tahminde bulunmaktadır (Redmon vd., 2016).

Bochkovskiy vd. tarafından 2020 yılında YOLO (You Only Look Once) algoritmasının dördüncü sürümü

tanıtılmıştır. YOLOv4 sürümünde, genellikle veri artırma için kullanılan ekler çantası (bag of freebies - BoF) ve tespit maliyetini az miktarda artırırken tespit başarısını önemli ölçüde artırabilen ayrıcalıklar çantası (bag of specials - BoS) olarak adlandırılan yöntemlerden en iyileri seçilmiştir. YOLOv4 ağında tek GPU üzerinde eğitimi daha uygun hale getirmek için ek tasarım ve iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan yeniliklerle eğitim ve test işlemleri için geleneksel GPU kullanan herkesin gerçek zamanlı, yüksek kaliteli ve ikna edici nesne algılama sonucu elde etmesi amaçlanmıştır (Bochkovskiy vd., 2020).

Derin öğrenme yöntemiyle nesne tespiti algoritmaları kullanarak bitki sağlığının izlenmesi ile hastalık ve zararlıların erken tespitinin yapılması mümkündür. Bu tür çalışmaların artması, zararlıların mücadele zamanına ve yöntemlerine karar verilmesine, gereksiz kimyasal ilaç kullanımının azaltılmasıyla kalıntı ve çevre problemlerinin önüne geçilmesine ve oluşacak ekonomik kaybın engellenmesine olanak sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini, patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) ergin ve son dönem larvaları, 25×10 cm ölçülerinde sarı yapışkan tuzaklar, sarı yapışkan tuzakları asmak için 2×2×100 cm ölçülerinde çitalar, raptiyeler ve 18 cm derinliğinde 11 cm çapında plastik çukur tuzaklar oluşturmaktadır. Veri seti oluşturmak için fotoğraflar Xiaomi Redmi Note 8 cep telefonu ile çekilmiştir. Nesne tespiti yapmak için YOLOv4 derin öğrenme algoritması kullanılmış olup, YOLOv4 ağına eğitim işlemi için ücretsiz GPU sağlaması nedeniyle Google Colaboratory ortamından yararlanılmıştır. Eğitim işlemi için gerekli dosyalar ve komutlar YOLOv4 resmi github adresinden edinilmiştir (Anonymous, 2022a). Çalışma, 2021 yılında Afyonkarahisar ili Kızılören ilçesi Ekinova köyünde tek bir üreticiye ait 3 (üç) adet patates tarlasında yürütülmüştür.

2.1. Denemelerin kurulması

Patates böceğinin patates parsellerine gelme zamanının tespitini yapmak için sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Sarı yapışkan tuzaklar ve çukur tuzaklarla patates böceğinin yakalanma ve populasyon izlemede kullanım olanakları incelenmiştir. Kışlanmış patates böceğinin patates parsellerine gelme zamanının tespitini yapmak için patates parsellerinin ekiminin tamamlandığı 13.04.2021 tarihinden itibaren haftada bir kez olmak üzere patates parselleri gezilerek gözle kontroller gerçekleştirilmiştir. Sarı yapışkan tuzak örnekleme için, her bir üretim alanını temsil edecek şekilde parsellerin dört ayrı kenarına, alttan ve üstten raptiyelerle tutturulmuş 25×10 cm ebatlarındaki sarı yapışkan tuzak asılı olan çitalar konumlandırılmıştır. Patates bitkisini ekimi ile topraktan çıkması arasındaki sürede sarı yapışkan tuzakların alt kısmı yerden 25 cm yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonrasında ise sarı yapışkan tuzakların alt kısmı bitkilerin tepe noktasına gelecek şekilde ayarlanmıştır (De Gooyer vd., 1998). Çalışmada kullanılan sarı yapışkan tuzaklar haftalık kontrolleri yapılarak değiştirilmiştir. Çukur tuzak

yöntemiyle örneklerin toplanması için, patates parsellerini temsil edecek şekilde parsellerin kenarlarına ağız kısımları toprak üstü seviyesiyle aynı olacak hizada her bir parselde 2'şer adet olmak üzere 18 cm derinliğinde 11 cm çapında plastik çukur tuzaklar yerleştirilmiştir. Tuzakların alt kısımları içinde su bulundurmaması için delinmiştir. Tuzakların kontrolleri haftalık olarak yapılmış ve kontrollerden sonra içerisindeki böcek ve diğer materyaller temizlenmiştir. Tuzaklardan elde edilen veriler not edilerek oluşturulan tabloya işlenmiştir. Tuzaklara ait görseller Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Denemelerde kullanılan tuzaklar
Figure 2. Traps in trials

2.2. YOLOv4 modelinin eğitilmesi

Çalışmada, birçok farklı koşullarda ve zamanlarda, çoğunlukla patates bitkisi üzerinde doğal haliyle farklı uzaklıklardan çekilmiş patates böceği erginleri ve son dönem larvalarını içeren 1180 adet fotoğraf veri setine eklenmiştir. Veri setinin içerisine patates böceği ergin ve son dönem larvası bulunmayan fotoğraflar da eklenerek veri setinin çeşitliliği sağlanmış ve her türlü koşullar altında oluşturulacak modelin en yüksek saptama oranıyla çalışması amaçlanmıştır. Veri seti oluşturulduktan sonra elde edilen görüntülerin YOLO formatına uygun şekilde etiketlenmesi gerektiğinden, ücretsiz ve kolay bir çevrimiçi yazılım olan "MakeSenseAI" yazılımından yararlanılmıştır. Görüntülerin yüzde 80'i eğitim, yüzde 20'si ise test için kullanılmıştır. 1180 adet görüntü ve görüntülere ait etiketler bulunan "obj" isimli dosyadan 236 adet görüntü ve etiketleri "test" isimli dosyaya aktarılmıştır. YOLOv4 modelinin eğitim işlemi (Anonymous, 2022b)'da bulunan tarayıcı tabanlı not defterindeki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

2.3. Kullanılan başarı değerlendirme ölçütleri

Hata matrisi, sınıflandırma modelinin gerçek değerlerin bilindiği bir dizi test verisi üzerindeki başarısını değerlendirmek için kullanılan bir tablodur. Hata

matrisinin yapılan çalışmaya uyarlanmış hali Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hata matrisinin çalışmaya uyarlanması
Table 1. Adaptation of the confusion matrix to the study

Terimler	Çalışmaya Uyarlanması
Doğru Pozitif (True Positive-TP)	Modelin gerçekte bulunan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını doğru bir şekilde var olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Yanlış Pozitif (False Positive-FP)	Modelin gerçekte bulunmayan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını yanlış bir şekilde var olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Yanlış Negatif (False Negative-FN)	Modelin gerçekte bulunan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını yanlış bir şekilde yok olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Doğru Negatif (True Negative-TN)	Modelin gerçekte bulunmayan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını doğru bir şekilde yok olarak tahmin ettiği sonuçtur.

Önerilen YOLOv4 modelinin başarısını değerlendirmek için duyarlılık (recall), kesinlik (precision), F-Ölçütü (F1-Score), ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mean Average Precision; mAP) ve kesiştirilmiş bölge (Intersection over Union; IoU) değerleri kullanılmıştır. Kesinlik, tüm sınıflardan doğru olarak ne kadar tahmin edildiğinin bir ölçüsüdür. Duyarlılık, modelin ne kadar gerçek pozitif değeri doğru tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. F-Ölçütü, kesinlik ve duyarlılık başarı değerlendirme ölçütlerinin birlikte değerlendirilmesi olup, kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır. Modelin başarısının ölçülmesi için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$F - \text{ölçütü} = 2 \times \frac{\text{Duyarlılık} \times \text{Kesinlik}}{\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik}} \quad (3)$$

Ortalama kesinlik (Average Precision; AP), her bir sınıf için kesinlik - duyarlılık eğrisi üzerinde farklı duyarlılık değerlerine karşılık gelen kesinlik değerlerinin ortalaması olarak hesaplanmakta, ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mean Average Precision; mAP) ise, bütün sınıflara ait ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması olarak ifade edilmektedir (Anonymous, 2022c). Kesiştirilmiş bölge (Intersection over Union; IoU) değeri, kesin referans çevreleyici kutusu ile tahmin edilen çevreleyici kutu kesişimlerinin birleşimlerine oranı şeklinde hesaplanmaktadır. Kesiştirilmiş bölge değerinin standart olarak 0,5 seçilmesi durumunda bu değer üzerinde yapılan tahminin doğru olduğu kabul edilir (Başaran & Çağır, 2021). Çalışmada kesiştirilmiş bölge (IoU) eşiği 0,5 olarak alınmıştır.

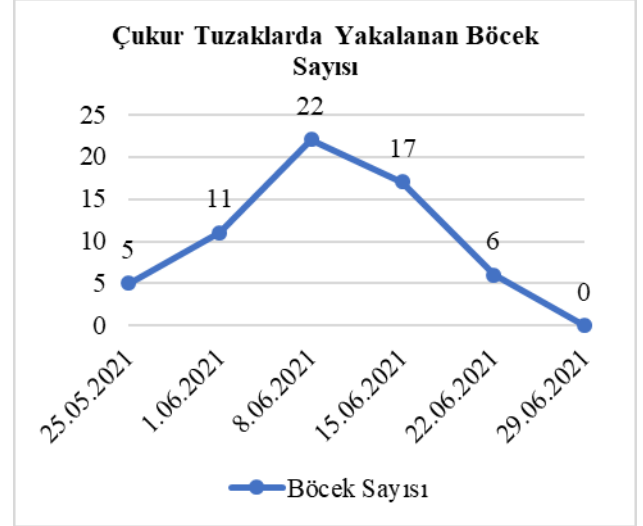
Eğitilen modelde her 1000 iterasyon ağırlığı kullanılarak ergin ve larva sınıflarına ait ortalama kesinlik (AP) değerleri incelenmiştir. YOLOv4 darknet resmi github sayfasında eğitim işleminden sonra küçük nesnelerin algılama başarısını artırmak için “cfg yapılandırma” dosyasındaki ağır giriş görüntü boyutunun 32'nin katı olacak şekilde yükseltilmesi önerilmektedir (Anonymous, 2022a). Bu amaçla YOLOv4 ağ giriş görüntü boyutu eğitim sonunda test aşamasında kullanılan “cfg yapılandırma” dosyasında “width” ve “height” değerleri sırasıyla “608×608”, “832×832”, “1024×1024” ve “1440×1440” olarak yükseltilmiş ve başarı değerlendirme ölçütlerine bakılarak en iyi model bulunmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Patates böceğinin çıkış zamanını tespiti ve tuzaklarda yakalanma durumu

Patates böceğinin çıkış zamanının tespiti için sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemleri kullanılmıştır. 25.05.2021 tarihinde ilk olarak çukur tuzaklarda patates böceği ergini tespit edilmiştir. Gözle kontrol yönteminde ise ilk ergin bireyler 01.06.2021 tarihinde gözlenmiştir. Kekillioğlu & Yılmaz (2018), patates böceği ile ilgili yapılan bir ön çalışmada; patates böceğinin doğal arazi koşullarında, hava sıcaklığının 15 °C olduğu Mayıs ayının ilk haftasında kışlamadan çıktığını gözlemlemişlerdir. Doğan & Karaca (2020), Afyonkarahisar ili Bolvadin ilçesinde Nisan ve Mayıs aylarında ekilişi yapılan patates bitkisinde Haziran ayının ikinci haftasından itibaren patates böceği çıkışlarının başladığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada patates böceğinin çıkış zamanı önceki çalışmalar ile uyumludur.

Çukur tuzak yöntemi kullanılarak patates böceğinin çıkışı gözle kontrol yöntemine kıyasla daha erken olmuştur. Çalışmada yapılan gözlemlerde patates böceği erginlerinin patates parsellerine gelişlerinin çoğunlukla yürüyerek gerçekleştiği gözlenmiştir. Bunun sebebinin patates üretimin yoğun olması nedeniyle patates böceğinin patates parsellerine yakın alanlarda kışlama yaptığı olabilir. Gözle sayım yapılarak tarihlere göre çukur tuzaklarla yakalanan patates böceği ergin birey sayısı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Tarihlere göre çukur tuzak kullanarak yakalanan böcek sayısı

Figure 3. Number of insects caught using pitfall traps by date

Şekil incelendiğinde 8 Haziran 2021 tarihinde yakalanan böcek sayısının en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. 29 Haziran 2021 tarihi itibarıyla çukur tuzaklar kullanarak patates böceği yakalanamamıştır. Bunun sebebinin patates bitkisinin yapraklarının birbirlerine değerek tarlayı tamamen örtmesiyle böceğin bitkiye doğrudan ulaşabilmesi olduğu düşünülmektedir. Noronha & Cloutier (1999), patates parsellerinde patates böceğinin hareketinin yönünü tespit etmek için perde tuzaklar ve 3.3 m uzunluk, 6 cm genişlik ve 8 cm derinlik olacak şekilde PVC yağmur oluklarından yapılmış çukur tuzaklar kullanmışlardır. Boiteau vd. (1994), laboratuvar ve saha çalışmalarında, plastik kaplı hendeklerin, yürüyen ergin patates böceklerinin patates tarlalarına giriş çıkışlarına karşı bariyer görevi görebileceğini tespit etmişlerdir. Plastik kaplı hendeklerle çevrili bir patates tarlasında, hendeksiz tarlalara kıyasla kışlamış ergin böcek popülasyonunun %47-49 oranında azaldığı saptamışlardır. Patates böceğinin yürüyüş yoluyla parsellere gelişinde çukur tuzakların büyüklüğü ile yakalanan ergin birey sayısı doğru orantılıdır. Çukur tuzakların ölçülerinin büyütülmesiyle tuzakların daha etkin olması beklenmektedir. Böylelikle böceğin çıkış zamanı daha hassas ve erken tespit edilebilecektir. Bu tip tuzaklar sayesinde kışlamış böceğin bir kısmının patates parsellerine gelişini engellenerek kısmi mücadele yapılmış olacaktır.

Capinera (2020), patates böceği örnekleme için tüm bitkilerin toprak üstü yaşam dönemleri için incelenmesi gerektiğini belirtmiş, ergin patates böceğinin sarı renge çekilip ve tuzaklarla yakalanabileceğini ifade etmiştir. Bu öneriye uyularak yapılan çalışmada sarı yapışkan tuzaklar kullanılarak herhangi bir patates böceği yakalanamamıştır. Şekil 4'de patates böceğinin sarı yapışkan tuzaklara ilgisiz olduğu görülmektedir. Uçuş yoluyla patates böceğinin parsellere gelişinin takip edilmesi için diğer tuzak yöntemlerinin denenerek, kıyaslanması gerekmektedir. Bunun sonucunda daha kesin yargılara ulaşılabilir.



Şekil 4. Sarı yapışkan tuzak ve patates böceği ergini
Figure 4. Yellow sticky trap and adult Colorado potato beetle

3.2. Eğitilen modelin başarısının ölçülmesi

Model eğitimi tamamlandıktan sonra elde edilen ergin ve larva sınıflarına ait bulgular ile eğitim işlemi bitiminden sonra “cfg yapılandırma” dosyasında ağ giriş görüntü boyutlarındaki değişime bağlı olarak modele ait ortalama kesinlik (AP) değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Yapılandırma dosyasında ağın giriş görüntü boyutunun yükseltilmesi ile sınıflara ait ortalama kesinlik (AP) değerlerinin değişimi

Table 2. Changing the AP (Average Precision) values of classes by increasing the input image size of the network in the “configuration file”

Çözünürlük	Ortalama Kesinlik değerleri (%)	İterasyon Sayısı					
		1000	2000	3000	4000	5000	6000
416×416	Ergin	77.90	83.05	83.17	81.88	81.23	81.57
	Larva	66.40	77.76	77.02	73.98	72.99	72.93
608×608	Ergin	83.47	87.75	89.54	87.73	87.07	87.10
	Larva	77.38	81.05	83.45	80.15	76.89	79.03
832×832	Ergin	71.73	85.79	90.04	90.69	90.50	90.37
	Larva	76.75	80.81	81.86	79.73	75.81	79.65
1024×1024	Ergin	70.14	87.79	91.99	90.01	91.40	91.21
	Larva	75.57	82.12	83.03	80.72	77.92	80.52
1440×1440	Ergin	52.56	81.42	87.63	87.79	87.45	89.39
	Larva	60.62	79.93	78.67	77.91	73.90	77.44

Çizelge 2 incelendiğinde en yüksek ortalama kesinlik değeri, ergin sınıfı için “1024×1024” giriş görüntüsü çözünürlüğünde 3000. iterasyonda 91.99 olarak, larva sınıfı için “608×608” giriş görüntüsü çözünürlüğünde 3000. iterasyonda 83.45 olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) değerlerinin “cfg yapılandırma” dosyasında giriş görüntüsünün “1024×1024” boyutunda ve 3000. iterasyonda 87.51 olarak elde edildiği görülmektedir. Önerilen modele ait başarı ölçütleri Çizelge 3’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. Yapılandırma dosyasında ağ giriş görüntü boyutu “1024×1024” olarak değiştirilmiş modele ait başarı ölçütleri

Table 3. Evaluation metric for the model whose network input image size has been changed to “1024×1024” in the configuration file

Model	İterasyon	Kesinlik	Duyarlılık	F-Ölçütü	mAP(%)	Ortalama IoU (%)
YOLOv4 (1024×1024)	1000	0.54	0.85	0.66	72.86	37.69
	2000	0.65	0.89	0.75	84.96	47.58
	3000	0.78	0.85	0.81	87.53	57.99
	4000	0.77	0.83	0.80	85.36	57.89
	5000	0.77	0.81	0.79	84.66	58.32
	6000	0.78	0.83	0.81	85.86	59.22

Çizelge 3 incelendiğinde en yüksek duyarlılık değeri 2000. iterasyonda 0.89 olarak, ölçülmüştür. Kesiştirilmiş bölge (IoU) değeri her iterasyonda yükselerek 6000. iterasyonda 59.22 değerine ulaşmıştır. İterasyon sayısının artırılmasıyla kesiştirilmiş bölge (IoU) değerinin artacağını düşünülmektedir. En yüksek kesinlik değeri, F-ölçütü ve ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) değerinin 3000. iterasyonda görülmüştür. Bu bağlamda “1024×1024” ağ giriş görüntü boyutunda 3000. iterasyona ait ağırlığın (yolov4-obj_3000.weights) patates böceğinin ergin ve son dönem larvalarının algılanmasında kullanılmaya uygun olduğu düşünülmektedir.

3.3. Test Görüntüleri ve Populasyon İzleme Olanakları

Populasyon yoğunluğu, ekonomik kayba neden olabilecek en düşük populasyon yoğunluğu olarak ifade edilen ekonomik zarar seviyesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Stern vd., 1959). Pedigo vd. (1986), ekonomik zarar eşiğini, ürünün piyasa fiyatına, kontrol maliyetlerine ve potansiyel getiriye bağlı olarak değişen dinamik bir parametre olarak tanımlamıştır. Nouri Ganbalani vd. (2010), patates böceği için ekonomik zarar eşiğini bitki başına 5-6 son dönem larva olarak hesaplanmışlardır. Literatür incelendiğinde patates böceği için ekonomik zarar eşiğinin bitki sap başına geniş aralık değerlerinde değişen larva sayısı olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu farklılıklar ekonomik zarar eşiğinin ürünün piyasa fiyatına, kontrol maliyetlerine ve potansiyel getiriye bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden kaynaklanmaktadır. Populasyon yoğunluğunun test görüntüleri üzerinden yeni

çalışmalar yapılarak elde edilebileceği öngörülmektedir. Böylece ekonomik zarar eşiği çalışmalarıyla entegre edilerek, en uygun mücadele zamanının ve yönteminin bulunmasında kaynak olabileceği düşünülmektedir. Eğitilen modele ait test görüntüsü Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Modele ait test görüntüsü
Figure 5. Test image of the model

4. Sonuç

Bu çalışmada tek aşamalı ve gerçek zamanlı nesne tespit algoritması olan YOLOv4 ile patates böceği ergin ve son (üçüncü ve dördüncü) dönem larvalarının patates bitkisi üzerinde saptanması ve populasyon izleme olanakları ele alınmıştır. Model, resmi github sayfasında önerildiği üzere; ağız giriş görüntü boyutu "416×416" olarak ayarlanarak ve 6000 iterasyon sayısı ile eğitilmiş ve eğitilen modelin başarısının ölçülmesi için duyarlılık, kesinlik, F-Ölçütü, ortalama kesinlik (AP) ve ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) ile kesiştirilmiş bölge (IoU) ölçütleri kullanılmıştır. Eğitim sonucunda "cfg yapılandırma" dosyasındaki giriş görüntü boyutunun "1024×1024" olarak değiştirilmesiyle 3000. iterasyonda en uygun nesne algılayıcısı modeli elde edilmiştir. Başarı ölçütü olarak duyarlılık 0.78, kesinlik 0.85, F-ölçütü 0.81, ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) 87.53 ve kesiştirilmiş bölgede (IoU) 57.99 değerlerine ulaşılmıştır.

Tuzaklar ve gözle kontrol yöntemleri ile ilgili olarak; çukur tuzak yöntemi kullanılarak patates böceğinin çıkışı gözle kontrol yöntemine kıyasla daha erken olmuştur. Çukur tuzakların ölçülerinin büyütülmesiyle tuzakların daha etkin olması beklenmektedir. Böylelikle böceğin çıkış zamanı daha hassas ve erken tespit edilebilecektir. Bu tip tuzaklar sayesinde kışlanmış böceğin bir kısmının patates parsellerine gelişi engellenerek kısmi mücadele yapılmış olacaktır. Yapılan çalışmada sarı yapışkan tuzaklarda herhangi bir patates böceği yakalanamamıştır. Uçuş yoluyla patates böceğinin parsellere gelişinin takip edilmesi için diğer tuzak yöntemlerinin denenerek, kıyaslanması gerekmektedir. Bunun sonucunda daha kesin yargılara ulaşılabılır. Yapılan çalışmada sarı yapışkan tuzaklarda herhangi bir patates böceği yakalanamamıştır.

Literatürde patates böceği için ekonomik zarar eşiği olarak yaprak eksikliği ve bitki/sap başına düşen ergin ya da larva

sayısı kullanılmaktadır. Ekonomik zarar eşiği çalışmaları için yeni tanımlamalara gereksinim duyulmaktadır. Zararlı böceklerin populasyon dalgalanmalarının izlenmesi, insansız hava araçları ya da dronlar yardımıyla patates parsellerini temsil edecek görüntüler elde edilerek görüntü başına düşen böcek sayısı veya alanın tamamı taranarak tespit edilen patates böceği (ergin ve larva)/taranan alan olarak gerçekleştirilebilir. Gelişen teknolojiyle birlikte yakın gelecekte internet bağlantısı üzerinden hizmet alınarak yüksek seviye donanım ihtiyacı duymadan zararlı böceklerin populasyon dalgalanmalarını anlık olarak tespit etmenin mümkün olacağı düşünülmektedir. Böylelikle zararlıların mücadele zamanına ve yöntemlerine karar verilmesine, gereksiz kimyasal ilaç kullanımına bağlı olarak kalıntı ve çevre problemlerinin önüne geçilmesine ve oluşacak ekonomik kaybın engellenmesine olanak sağlanacaktır.

5. Teşekkür

Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Kızılören İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

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

- Altaş, Z., Özgüven, M. M., & Yanar, Y. (2019). Bitki Hastalık ve Zararlı Düzeylerinin Belirlenmesinde Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanımı: Şeker Pancarı Yaprak Leke Hastalığı Örneği. *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference*, 24-27 April 2019, Erciyes University -Kayseri. 24-27.
- Anonymus (2022a). AlexeyAB/darknet. Retrieved November 27, 2022, from <https://github.com/AlexeyAB/darknet>.
- Anonymus (2022b). YOLOv4 Eğitim_Leptinotarsa_decemlineata.ipynb. Retrieved November 27, 2022, from https://colab.research.google.com/drive/1H_Ajr77uGtFwKFFLQXFoU7zZS5Z1u5bg?authuser=1.
- Anonymus (2022c). Intersection over Union (IoU) ve Mean Average Precision (mAP) Nedir?. Retrieved November 27, 2022, from <https://medium.com/deep-learningturkiye/intersection-over-union-iou-ve-mean-average-precision-map-nedir-532241ab74a9>.
- Arıoğlu, H., & Onaran, H. (2002). Niğde Koşulları Patates Yetiştiriciliğinde; Farklı Yumru İriği ve Bitki Sıklığının, Yumru Verimi ve Yumru Kalibrasyonu Üzerine Etkileri. In 3. *Ulusal Patates Kongresi Bildiriler Kitabı*, 125-135.
- Başaran, G., & Çağal, G. (2021). Koruyucu gözlük kullanımının görüntü işleme yöntemiyle tespit edilmesi. *El-Cezeri*, 9(1), 86-95. <https://doi.org/10.31202/ecjse.945167>.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y. & Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *Cornell University Arxiv Preprint*, 1, 1-17. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>.
- Boiteau, G., Pelletier, Y., Misener, G. C. & Bernard, G. (1994). Development and Evaluation of a Plastic Trench Barrier for Protection of Potato from Walking Adult Colorado Potato Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 87(5), 1325-1331. <https://doi.org/10.1093/jee/87.5.1325>.
- Capinera, J. (2020). *Handbook of Vegetable Pests*. New York, Academic Press.
- Christie, R. D., Sumalde, A. C., Schulz, J. T., & Gudmestad, N. C. (1991). Insect transmission of the bacterial ring rot pathogen. *American Potato Journal*, 68(6), 363-372. <https://doi.org/10.1007/BF02853617>

- De Gooyer, T. A., Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (1998). Development of sticky trap sampling technique for potato leafhopper adults. *Journal of Agricultural Entomology*, 15(1), 33-37.
- Doğan, E., & Karaca, İ. (2020). Afyonkarahisar ili patates alanlarında patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin yayılışı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 90-95. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.573496>.
- Kekillioğlu, A., & Yılmaz, M. (2018). Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say.(Coleoptera: Chrysomelidae)]'nin Nevşehir ilinde yaşamsal etkileşim ve çeşitliliği üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 100-107.
- Liu, L., Wang, R., Xie, C., Yang, P., Wang, F., Sudirman, S., & Liu, W. (2019). PestNet: An End-to-End Deep Learning Approach for Large-Scale Multi-Class Pest Detection and Classification. *IEEE Access*, 7, 45301–45312. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2909522>.
- Mahajan, S., Das, A., & Sardana, H. K. (2015). Image Acquisition Techniques for Assessment of Legume Quality. *Trends in Food Science & Technology*, 42(2), 116-133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.001>.
- Noronha, C., & Cloutier, C. (1999). Ground and aerial movement of adult colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in a univoltine population. *The Canadian Entomologist*, 131(04), 521-538. <https://doi.org/10.4039/ent131521-4>.
- Nouri-Ganbalani, G., Fathi, A., & Nouri-Ganbalani, A. (2010). Economic injury level for Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) on 'Agria' potatoes in Ardabil, Iran. *Munis Entomology and Zoology*, 5(2), 764-771.
- Onaran, H., Ünlünen, A., & Doğan, A. (2000). *Patates Tarımı Sorunları ve Çözüm Yolları*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 93s.
- Patrício, D. I., & Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.001>.
- Pedigo, L. P., Hutchins, S. H., & Higley, L. G. (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology*, 31(1), 341-368. <https://doi.org/10.1093/ae/38.1.12>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>.
- Stern, V. M., Smith, R. R., Van den Bosch, R., & Hagen, K. S. (1959). The integrated control concept. *Hilgardia*, 29, 81-101.
- TÜİK (2022). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Worner, S. P. (1988). Ecoclimatic assessment of potential establishment of exotic pests. *Journal of Economic Entomology*, 81(4), 973-983. <https://doi.org/10.1093/jee/81.4.973>.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Su Ürünleri Bileşenlerinin Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi

Fahriye ÜMÜT^{1*}, Şengül BİLGİN¹, Levent İZCİ¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Isparta-TÜRKİYE

*Sorumlu yazar: fahriye.umut@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/06/2022

Kabul tarihi: 10/11/2022

Anahtar Kelimeler: Aminoasitler, Bağışıklık sistemi, Mineraller, Omega-3, Su ürünleri bileşenleri, vitaminler

DOI: 10.55979/tjse.1137563

ÖZET

Bağışıklık sistemi, konağı tehdit edici patojen mikroorganizmalara karşı korumakla görevlidir. İyi bir bağışıklık sistemi, patojenik organizmalara karşı savunma sağlar ve gıda bileşenlerinin de katkısıyla direnç kazandırır. Yetersiz beslenme bağışıklık sistemini zayıflatır ve bireyi enfeksiyona karşı daha duyarlı hale getirir. Beslenmede su ürünleri, içerdiği besin bileşenlerinden dolayı insan beslenmesinde ve bağışıklık sistemi üzerindeki katkısı düşünüldüğünde önemli bir yere sahiptir. Su ürünleri- özellikle balık; çoklu doymamış yağ asitleri (omega-3 gibi), metionin, triptofan, taurin ve poliaminler gibi immün düzenleyici aminoasitleri, yağda çözünen A, D ve E vitaminlerini, suda çözünen B₆ ve B₁₂ vitaminlerini ve selenyum, fosfor, kalsiyum ve çinko gibi bağışıklığı güçlendirmek için önemli olan mineralleri içerir. Kabuklu su canlılarında bol bulunan karotenoidler de A vitamininin ön maddeleri olmaları nedeniyle vücut savunma sistemine katılan önemli bileşiklerdir. Bu çalışmada, su ürünleri besin bileşenlerinin bağışıklık sistemi üzerine etkileri incelenmiştir.

The Effects Of Seafoods Components On Immune System

ARTICLE INFO

Received: 29/06/2022

Accepted: 10/11/2022

Keywords: Amino acids, Immune system, Minerals, Omega-3, Sea food components, Vitamins

DOI: 10.55979/tjse.1137563

ABSTRACT

The immune system is responsible for protecting the host against pathogenic microorganisms. A good immune system provides defense against pathogenic organisms and provides resistance with the contribution of food components. Malnutrition weakens the immune system and makes the individual more susceptible to infection. Seafood has an important place in human nutrition and immune system because of contains nutritional components in nutrition. Seafood - especially fish contains; polyunsaturated fatty acids (such as omega-3), immune-regulating amino acids such as methionine, tryptophan, taurine, and polyamines, fat-soluble vitamins A, D, and E, water-soluble vitamins B₆ and B₁₂, and immunity-boosting such as selenium, phosphorus, calcium, and zinc important minerals. Carotenoids, which are abundant in shellfish, are important compounds that participate in the body defense system because they are the precursors of vitamin A. In this study, the effects of nutritional components of seafood on the immune system were investigated.

1. Giriş

Bağışıklık sistemi hem adaptif hem de doğuştan gelen mekanizmaları aktive ederek vücudu korumaktadır. Doğuştan gelen bağışıklık sisteminde, makrofajlar ve nötrofillere ilave olarak deri, bağırsak ve akciğer epitel hücrelerini de kapsayacak şekilde bakteri ve virüslere karşı hücrelerde bulunan bir sistem iken adaptif bağışıklık sisteminde, spesifik yanıt sağlayan ve gelişmesi zaman alan güçlü bir yanıt sistemidir (Bikle, 2011).

Bağışıklık sistemi, konağı zararlı çevresel etkenlerden, özellikle bakteri, virüs, mantar veya parazit şeklinde olan patojenik organizmalardan korumakla görevlidir. İnsan bağışıklık sistemi, olası tehditlerin üstesinden gelmek için, sayısız hücre tipini, moleküler iletişimi ve işlevsel tepkileri içerecek şekilde gelişmiştir. Bağışıklık sistemi her zaman aktiftir. Fakat bir kişi enfekte olursa bu aktivite artar. Bu yüksek aktiviteye, biyosentez ve düzenleyici moleküller için enerji kaynağı olan substratlar metabolizma hızının artması eşlik eder. Bu enerji kaynakları, substratlar ve düzenleyici moleküller nihayetinde diyetten elde edilir. Bu nedenle, bağışıklık sisteminin en iyi şekilde çalışmasını desteklemek için geniş bir besin yelpazesinin yeterli bir şekilde tüketilmesi şarttır (Calder, 2020).

Beslenme alışkanlıklarının bağışıklık sisteminin gelişimi ve işlevi üzerine etkisi büyüktür. Omega-3 yağ asitleri, metionin, triptofan, taurin gibi immün düzenleyici özellikleri olan bileşenlere sahip balığın düzenli tüketimi, kısa zincirli yağ asidi üreten bakteriler gibi bağırsak mikrobiyotasının yararlı üyelerinin çoğalmasına yardımcı olur (Mendivil, 2020). Balık, kabuklular, yumuşakçalar, derisidikenliler gibi su ürünleri, yenilebilir kısımda (fileto, karın kası gibi) insan beslenmesi için faydalı birçok besin bileşenini içerir. Omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi, selenyum, iyot, potasyum, sodyum gibi mineralleri D, A, E, B₁₂ vitaminlerini ve aminoasitlerden taurini içerirler (Oehlenschläger, 2012). Yumuşakçaların mükemmel bir B₁₂ vitamini, omega-3 yağ asitleri, kolin, demir, selenyum ve çinko kaynağı olduğu bildirilmiştir. Bazı kabuklu deniz ürünlerinin besin değeri, sığır eti, tavuk ve domuz eti gibi kara hayvanlarından protein kaynağı bakımından daha üstün olduğu belirtilmiştir (Wright vd., 2018). Bağışıklık sisteminin enerji ve besin ihtiyacı, dış kaynaklardan, yani diyetten veya diyet kaynakları yetersizse, vücut depoları gibi endojen kaynaklardan karşılanabilir. Bazı mikro besinler ve diyet bileşenleri, yaşam boyu etkili bir bağışıklık sisteminin geliştirilmesi ve sürdürülmesinde önemlidir (Childs vd., 2019). Balık ve diğer su ürünleri de

bu diyet bileşenlerinden olan; protein, lipid ve temel mikro besinler açısından yüksek bir besin değerine sahiptir (Tacon & Metian, 2013).

Bu derleme çalışmasında, su ürünlerinin sahip olduğu değerli ve besleyici bileşenlerin bağışıklık sistemi üzerine etkisi incelenmiştir.

2. Omega-3 Yağ Asitleri

Omega-3 yağ asitlerinin diyetle alınmasının kalp hastalığı riskini azalttığı, prostat ve meme kanseri gelişimini engellediği ve immünolojik fonksiyonların kaybını geciktirdiği bilinmektedir (Lewis vd., 2000). Aşırı doymamış omega-3 yağ asitleri bağışıklık sisteminin iyileştirilmesinde faydalıdır (Larsen, 2000; Turan vd., 2013).

EPA ve DHA omega-3 yağ asitleri birçok hastalığın önlenmesi ve tedavisinde önemlidir. Omega yağ asitlerinin genel olarak antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser etkisi vardır. Omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri trombosit agregasyonunda, zara bağlı enzimlerin taşınmasında ve immün sistemin işleyişinde insanlar açısından önemli rol oynar (Salar & Ayşe, 2021). Ayrıca vücutta enfeksiyona ilk yanıt veren nötrofillerin işlevini de artırır. Nötrofiller, nötrofil göçünü, fagositik kapasiteyi ve mikropları öldürmek için reaktif serbest radikallerin üretimini teşvik ederek bağışıklık fonksiyonunu güçlendirir. Bu tür yağ asitlerinin bir başka görevi B hücrelerini aktive eder ve daha fazla antikor üretilir (Gutiérrez vd., 2019).

Omega-3 yağ asitleri, inflamasyonu azaltarak bununla ilgili bozukluklar üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Makrofajlar yoluyla sitokinlerin ve kemokinlerin üretilmesini sağlayarak bağışıklık sistemine destek olmaktadır (Önal & Demirci, 2020). Bunun yanında, omega-3, bağışıklık sisteminde kullanılan prostaglandinlerin sentezlenmesinde de görev alır (Çetin, 2020). Esansiyel yağ asidi türevidir olan omega-3 vücutta üretilmediği için besinlerle takviye edilmelidir. Bilinen en iyi omega-3 kaynağı ise balıktır (Mol, 2008; Çetin, 2020). Balık kasında omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oranına bakıldığında; uskumru, ringa ve somon gibi yağlı balıklarda morina, mezigit ve pisi gibi az yağlı balıklara göre daha yüksektir. Bunun yanında, yengeç, karides ve istakoz gibi kabuklu deniz ürünleri düşük seviyelerde omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerine rastlanır (Shahidi, 2011; Hosomi vd., 2012). Bunların dışında mikroalgler, omega-3 PUFA'nın birincil üreticileridir ve balıklardan elde edilen omega-3 için alternatif kaynaklardır. Ayrıca, mikroalg kullanımının kontrollü kültür koşullarında üretilmesi, kontaminasyon olmaması, fitosteroller, karotenoidler, vitaminler ve antioksidanlara da sahip olması gibi birçok avantajı vardır (Ryckebosch vd., 2012). Bazı mikroalglerden elde edilen omega-3 yağ asitlerinin incelendiği bir çalışmada, *Isochrysis* (DHA) *Nannochloropsis*, *Phaeodactylum* (EPA), *Pavlova* ve *Thalassiosira*'dan (EPA ve DHA) elde edilen mikroalg yağlarının, 'altın standart' olarak kullanılan balık yağına alternatif yeterli miktarda omega-3 içerdiği gösterilmiştir. Ayrıca mikroalg yağı tüketiminde sterol ve

karotenoid alımını da sağlanmaktadır (Ryckebosch vd., 2014). Başka bir çalışmada ise mikroalglerden elde edilen omega-3 yağ asitlerinin gıda olarak daha yoğunlukta kullanılması ve tüketilmesi önerilmiştir (Barta vd., 2021). Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) güçlü immünmodülatör aktiviteye sahiptir ve diyetle alındığında bağışıklığa olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Özsoy & Saka, 2021).

Yapılan bir çalışmada yumurtlayan tavuklarda farklı tipteki çoklu doymamış yağ asitlerinin bağışıklık sistemi ve Prostaglandin E2 sentezi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak diyetle alınan omega-3 yağ asitlerinin humoral bağışıklığına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Diyetle alınan çoklu doymamış yağ asitlerinin tavuklarda eikosanoid sentezini modüle ederek doğuştan gelen ve sonradan kazanılmış bağışıklığı etkilediği görülmüştür (Guo vd., 2004). Buna benzer başka bir çalışmada, balık ve domuz yağı bakımından zengin bir diyetle beslenen fareler karşılaştırıldığında, balık yağı içeren diyetle beslenen farelerin yağ dokusunda ve mikrobiyotalarında inflamasyonların belirgin şekilde azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca balık yağı diyeti dolaşımdaki proinflamatuvar bakteri alt ürünlerinin azalmasına neden olmuştur (Caesar vd., 2015).

Diyetin metabolik ve kardiyovasküler sağlığı etkilemede önemli bir rolü vardır. Son yıllarda da çoklu doymamış yağ asitlerinden özellikle EPA ve DHA'nın bağışıklığı güçlendirmedeki rolü ve bağışıklık hücreleri üzerindeki etkileriyle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır (Kumar vd., 2019).

Sağlıklı insanlarda bağışıklığın EPA'nın dozuna bağlı etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 12 hafta boyunca farklı dozlarda genç ve yaşlı bireylere kapsül verilmiştir. Sonuç olarak, EPA'nın genç bireylerde doğuştan gelen bağışıklık tepkisinin belirli bir doza kadar etkilenmediği, yaşlı bireylerde ise EPA'nın bağışıklık etkilerine daha duyarlı olduğu saptanmıştır (Rees vd., 2006). EPA, γ -linolenik asit, stearidonik asit kombinasyonlarının sağlıklı genç erkeklerde bağışıklık fonksiyonu üzerine yapılan başka bir çalışmada, 2 g/d EPA veya γ -linolenik asit alımlarının insan bağışıklık fonksiyonu üzerinde önemli etkiler yaratmadığı belirtilmiştir. Fakat EPA alımındaki artışın bağışıklığı olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Miles vd., 2004). Çoklu doymamış asitleri alımının bağışıklığa etkisinin incelendiği bir çalışmada, bebeklerde EPA, DHA ve araşidonik asit alımının bağışıklığı iyileştirdiği, alerji ve solunum sistemi hastalıkları riskini de azalttığı bildirilmiştir (Miles vd., 2021). Buna benzer başka bir çalışmada, bebeklerde çoklu doymamış yağ asitlerinin etkileri incelenmiştir. Hamilelik döneminde diyetle alındığında ve bebeklerde bağışıklığı iyileştirdiği, alerji ve enfeksiyonları önlediği belirtilmiştir (Gottrand, 2008). Yeterli dozda çoklu doymamış yağın immünolojik gelişime fayda sağladığı ve hastalık riskini azaltabileceği bildirilmiştir (Venter vd., 2020). Diyetle alınan yağ asitlerinin (EPA, DHA gibi) inflamatuvar ve tolerojenik bağışıklık tepkilerinin gelişimini etkileyeceği, astım, gıda alerjisi ve atopik dermatitin önlenmesinde de faydalı olabileceği belirtilmiştir (Venter vd., 2019).

Amerika ve Japonya'da Covid-19 enfeksiyonu üzerine beslenmeye dayalı yapılan bir araştırmada Amerika'da doymuş yağ tüketiminin daha fazla, EPA/DHA alımının daha az düzeyde olduğu ve buna bağlı olarak obezitenin çok yüksek seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir. Obezitenin bağışıklık sistemini zayıflattığı ve bunun sonucunda Amerika'da daha yüksek oranlarda Covid-19 vakası görüldüğü ifade edilmiştir. Çalışmada Japon halkının 1.5 kat daha az oranda Covid-19'a yakalandığı, bunun da güçlü bağışıklık sistemine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Japon beslenme alışkanlıklarının Covid-19 önleyici besin açısından yoğun bir beslenme düzenine yakın olduğu belirtilmiştir (Kagawa, 2022).

3. Aminoasitler

Aminoasitler (arjinin gibi), DNA replikasyonunun ve hücre bölünmesinin düzenlenmesinde rol alan poliaminlerin sentezi için gereklidir. Çeşitli mikro besinlerin (demir, folat, çinko, magnezyum gibi) ve nükleik asitlerin sentezinde rol oynar. Bazı besinler (A ve D vitaminleri gibi) ve bunların metabolitlerinin, bağışıklık hücrelerinde düzenleyici görevleri vardır. Bağışıklık hücrelerinin olgunlaşması, farklılaşması ve yanıt vermesinde önemli rol oynarlar (Calder, 2020). Arjinin, asparajin, glutamin, treonin, triptofan ve tirozin gibi aminoasitlerin bağışıklığı düzenleyici fonksiyonları olduğu bildirilmiştir (Wu, 2009). Aminoasit ve mineral kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, balıklarda, kabuklularda ve yumuşakçalarda en yüksek arjinin değerlerinin sırasıyla kırmızı akrep balıklarında 2242.19 mg/100 g, dikenli istakozda 2012.66 mg/100 g ve deniz salyangozunda 1212.58 mg/100 g olduğu saptanmıştır (Özden & Erkan, 2011). Karadeniz'de *Sciaena umbra* balığının aminoasit içeriğinin incelendiği bir çalışmada, balık etinde en çok bulunan amino asitler sırasıyla glutamik asit (%13.88), lizin (%10.43), aspartik asit (%9.62), lösin (%8.32) ve glisin (%6.87) olarak bulunmuştur. Bu beş amino asit, toplam amino asit miktarının %49'undan fazlasını oluşturduğu belirtilmiştir (Bilgin vd., 2020). Balık etinin aminoasit bileşimi insan beslenmesinde oldukça önemlidir. Hem kültür balıkçılığı hem de avlanan balık türlerinin önemli seviyelerde esansiyel amino asitler (izolösin, lösin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin), yarı esansiyel amino asitler (arginin ve histidin) ve insan vücudu için esansiyel olmayan aminoasitlere sahip olduğu bildirilmiştir (Kim & Lall, 2000; Erkan vd., 2010; Özden & Erkan, 2011). Çiftlikten toplanan çipuraların aminoasit içeriğinin incelendiği bir çalışmada yüksek besin kalitesine sahip olduğu ve iyi bir protein kaynağı olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir (Öztekin vd., 2020). 27 farklı balık türünün aminoasit bileşimlerinin analizi sonucunda, soğuk su türlerinin lizin ve aspartik asit, deniz balıklarının lösin, küçük yerli balıkların histidin, sazan ve yayın balıklarının glutamik asit ve glisin açısından zengin olduğu vurgulanmıştır (Mohanty vd., 2014). Portekiz kıyılarından toplanan bazı deniz yosunlarının protein içeriği en yüksek kırmızı deniz yosunlarında (19.1-28.2 g/100 g), ardından yeşil deniz yosunu *Ulva* spp. (20.5-23.3 g/100 g) ve en düşük ise kahverengi deniz yosunlarında (6.90-19.5 g/100 g) olduğu saptanmıştır. Triptofan, metionin ve lösin aminoasitlerinin

tüm türlerde sınırlayıcı esansiyel aminoasit olduğu belirtilmiştir. Lizinin, özellikle kırmızı (%2.71-3.85 protein) ve yeşil (%2.84-4.24 protein) deniz yosununda yüksek konsantrasyonlarda olduğu bildirilmiştir (Vieira vd., 2018).

Balıklardan elde edilen proteinler, peptidler ve amino asitlerin sağlık üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir (Khalili Tilami & Sampels, 2018). Balık proteinleri, yüksek biyolojik değere sahip tüm gerekli amino asitleri doğru orantılı olarak içerir. Özellikle lizin ile birlikte metiyonin ve sistein gibi kükürt içeren bitki proteininde bulunmayan aminoasitlere sahiptir (Pal vd., 2018). Kabuklu deniz ürünleri ise genel olarak sindirilebilir proteinleri, esansiyel amino asitleri ve biyoaktif peptitleri içerir (Venugopal & Gopakumar, 2017). Aminoasit eksikliğinin bağışıklık fonksiyonunu bozduğu, hayvanların ve insanların bulaşıcı hastalıklara karşı duyarlılığını artırdığı bildirilmiştir. Proteince yetersiz beslenme, plazmadaki çoğu aminoasit konsantrasyonunu azaltır. Bu yüzden aminoasitlerin beslenmede önemli bir rolü olduğu belirtilmiştir (Li vd., 2007).

Ruth & Field (2013), hem oral hem de parenteral beslenme çalışmalarında, spesifik diyet amino asitlerin (özellikle glutamin, glutamat ve arjinin ve metiyonin, sistein ve treonin) mevcudiyetinin bağışıklığı optimize etmek için gerekli olduğuna dair kanıtlar sunmuşlardır. Bu aminoasitlerin her biri, bağırsağın bütünlüğünü, büyümesini ve işlevini korumanın yanı sıra, inflamatuvar sitokin salgılanmasını normaleştirmeyi ve T-lenfosit sayılarını artırmayı, spesifik T hücre işlevlerini ve lamina propria hücreleri tarafından İmmunoglobulin A salgılanmasını sağlamak için eşsiz özelliklere sahip olduğu vurgulanmıştır.

4. Vitamin ve Mineraller

Balık, D vitamini, selenyum, fosfor ve kalsiyum gibi mineraller bakımından zengin bir kaynaktır (Khalili Tilami & Sampels, 2018). Ayrıca sahip olduğu A ve E vitaminleri ve çinko, selenyum gibi iz elementlerin insan bağışıklık sistemini desteklemede önemli rolü olduğu yapılan bazı çalışmalarda yer almıştır (Güngör vd., 2020). A vitamini, bağışıklık sisteminin geliştirilmesinde, hücresel bağışıklık ve humoral bağışıklık süreçlerinde düzenleyici rol oynamaktadır (Huang vd., 2018). D vitamini, vücutta sentezi güneş ışığı yardımıyla olan bir besin ögesidir (Büyükdere & Mutlu, 2019). Bilinen öne çıkan özelliği iskelet sistemi üzerinde olumlu etkileridir (Bikle, 2011; Pandolfi vd., 2017; Büyükdere & Mutlu, 2019;). Son zamanlarda bağışıklık sistemi ve enfeksiyon hastalıkları üzerindeki etkileri ön plandadır ve insan bağışıklık yetmezlik virüsü enfeksiyonu (HIV) üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Büyükdere & Mutlu, 2019). Bikle (2011), D vitamini eksikliğinin tüberküloz gibi bulaşıcı hastalıklara, tip 1 diyabete ve multipl skleroz hastalığı (MS) gibi otoimmün hastalıklara yatkınlığın anlaşılmasında hastalık süreçlerine bağlı olarak önemli katkılara sahip olduğunu; Almohanna vd. (2019) ise bazı otoimmün hastalıklarda D vitamini seviyesinde düşüklüklerin olduğunu bildirmiştir. Shakoov vd. (2021) C,

D ve E vitaminlerinin bulaşıcı hastalıklarda yararlı olan immünomodülatör etkilere sahip olduğunu, günümüzde yaşanmakta olan ve halen etkilerini hissettiğimiz Covid-19 salgınında gerek hastalık sürecinde gerekse hastalıktan önce yeterli miktarda alınmasının uygun olduğunu ifade etmişlerdir. A vitamini (retinol) ve D vitamininin de yağlı balıklarda yüksek oranda bulunduğu bilinmektedir (Öksüz vd., 2015). Aynı zamanda D vitamini gereksinimi de yağlı balık tüketimiyle sağlanabilir. Morina balığı yağı, somon, sardalya gibi balıklar en iyi kaynaklardır. Bunun için de haftada 3-4 kez yağlı balık tüketimi önerilmektedir (Baysal, 2014).

Balık eti B grubu vitaminlerinden; B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₆ (pidoksin) ve özellikle B₁₂ (kobalamin) bakımından oldukça zengindir (Gil & Gil, 2015). B₁₂ vitamini, hücre bölünmesinden ve büyümesinden sorumlu olduğu için bağışıklık fonksiyonunda da önemli bir rol oynar. B₁₂ yetersiz olduğunda, beyaz kan hücreleri olgunlaşamaz ve çoğalamaz (Alpert, 2017). Bunun yanında B₆ vitamini takviyesinin bağışıklık sistemi üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada, farelere B₆ vitamini verilmiştir. B₆ vitamini eksikliğinin bağışıklığı olumsuz yönde etkilediği ve yeterli dozda B₆ takviyesinin ise bağışıklığı güçlendirdiği sonucuna varılmıştır (Qian vd., 2017).

Kabuklu deniz ürünleri B₁₂ vitamini ve diğer vitaminleri, bakır, çinko, sodyum, potasyum ve selenyum gibi bazı mineralleri içerir (Venugopal & Gopakumar, 2017). Midye, içerdiği A vitamini ve B₁₂ vitaminleriyle bağışıklık sistemini destekler (Güngörür & Mol, 2019). Midyeye benzer şekilde İstiridye de içerdiği A vitamini sayesinde dokuları tamir eder, cilt ve gözlerde faydalıdır, bağışıklık sistemini güçlendirir, kan hücrelerinin oluşumuna yardımcı olur. İstiridye, midye, deniz tarağı, kerevit, karides, ıstakoz, yengeç ve mürekkep balığının da içerdikleri selenyum sayesinde metabolize ve immün sistemi güçlendirici etkileri vardır (Altun, 2004).

Palamut (*Sarda sarda*) ve İstavrit (*Trachurus trachurus*) balıklarının mineral içeriğine ilişkin yapılan bir araştırmada sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, iyot ve selenyumun en fazla miktarda bulunan elementler arasında olduğu tespit edilmiştir (Özden, 2010). Ticari öneme sahip deniz levreği (*Dicentrachus labrax*), çipura (*Sparus aurata*) ve sinarit (*Dentex dentex*) balıklarında potasyum, magnezyum, fosfor, iyot ve selenyum öne çıkan mineraller arasında belirtilmiştir (Özden & Erkan, 2008). Kabuklu su ürünleri demir, magnezyum ve çinko yönüyle zengin içeriğe sahiptir (Irkin, 2022). Makroalglerden deniz marulunun (*Ulva lactuca*) makro elementler (C, N, P, Ca, Na, K, Mg) ve mikro elementler (Fe, Zn, Co, Mn, I) açısından günlük diyet mineral alımında yeterli olduğu vurgulanmıştır (Roleda vd., 2021).

Selenyum elementi, antioksidan savunma ve immün sistemin düzenlenmesi başta olmak üzere vücutta birçok mekanizmada önemli rolü olan ve birçok enzime kofaktör olarak katılan esansiyel bir mineraldir. Selenyum eksikliğinde immün sistem hastalıklarıyla karşılaşılacağı belirtilmiştir (Kangalgil & Yardımcı,

2017). Selenyum, Brezilya fıstığı, tavuk, balık, hindi, yengeç, fındık, tahıl ve yumurtada bulunan esansiyel bir mikro besindir (Rocourt & Cheng 2013). Filippini vd. (2018) selenyum kaynağının balık ve su ürünleri başta olmak üzere, süt ve tahıllarda da yer aldığını bildirmişlerdir. Şimşek vd. (2004), selenyumun deniz balıklarında tatlı su balıklarından 2 kat daha fazla olduğunu saptamışlardır. Selenyumun ısıtma işlemi uygulanmasıyla kayıplara uğradığı bildirilmiştir. Fakat su ürünlerinde pişirme ile oluşan kaybın daha az olduğu belirtilmiştir (Rayman, 2008). Bağışıklıkta etkili olan bir diğer mineral ise çinkodur. Çinko homeostazı, bağışıklık sisteminin yeterli işlevde olması için çok önemlidir. Çinko eksikliği ya da fazlalığı, bağışıklık hücre sayılarında ve aktivitelerinde ciddi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Maywald vd., 2017). Rink & Haase (2007) bağışıklık sisteminin gelişimi ve düzenlenmesi için en önemli minerallerden birinin çinko olduğunu belirtmişlerdir. Başlıca çinko kaynakları et (kırmızı), kümes hayvanları, balık ve deniz ürünleri, bütün tahıllar ve süt ürünleri (Das & Green 2013; Khanam, 2018) olarak sıralanabilir. Bağışıklık sisteminde önemli bir role sahip karides, ıstakoz, yengeç, somon ve kabuklu deniz ürünleri de çinko içermeleri bakımından önemlidir (Augusta vd., 2021). Çinko iz element olup esansiyel karakterdedir. Bağışıklık sisteminde rol alan enzim sistemleri için gerekli bir elementtir (Doğan, 2020).

5. Pigment Maddeleri

Doğada pigment maddeleri klorofiller, karotenoidler, antosiyaninler, betalainler, hemoglobin ve myoglobin olmak üzere 6 farklı gruptan oluşmuştur. Karotenoidler genellikle bitki yapraklarında, meyvelerde, çiçek ve köklerde bulunan aynı zamanda karides, yengeç, somon balığı gibi hayvanlarda da bulunabilen pigmentlerdir. Yosunlarda da varlığı saptanmıştır. Sadece bitkiler tarafından sentezlenebilen bu pigment hayvanlara beslenme yolu ile transfer olmaktadır. Karotenoidler A vitamininin ön vitamini görevini üstlendiklerinden beslenme açısından önemlidir. Bu özellik karotenoidlerin büyük bir bölümünü oluşturan β-karoten ile ilgilidir. β-karotenin antikanserojen etkisinin de bulunduğu, alfa karoten ve betakarotenin hücre savunma sistemine katıldıkları bildirilmiştir (Bilişli, 2009).

Hosomi vd. (2012) karotenoid pigmentinin yağda çözülebilen, sarı-turuncu renkli bir pigment olup antioksidan özellikli olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada karotenoidler grubundan olan astaksantin somonlarda, ıstakoz ve diğer deniz kabuklularında bulunduğu ve oksidatif stres, inflamasyon ve lipidemi üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Özoğul, (2019) karotenoid ve karotenoproteinlerin kabuklu su canlılarının iskeleti ve balıklarda renkten sorumlu olduğunu, provitamin A aktivitesinde önemli olduğunu, diyetlerde karotenoidlerce zengin beslenmenin Alzheimer ve Parkinson riskini azalttığını bildirmiştir.

Bazı kırmızı deniz yosunları bileşimlerine bağlı olarak potansiyel fonksiyonel gıda olarak tanımlanabilir. Kırmızı deniz yosunları (Rhodophyta), yeni doğal besinler ve biyoaktif bileşiklerin araştırılması için gıda ve ilaç

endüstrisinde önemli yere sahip olmuştur (Cian vd., 2015). Kırmızı deniz yosunlarından da elde edilen astaksantin, birçok organizmada doğal olarak bulunan kırmızı renkli bir pigmenttir. Özellikle kabuklu deniz ürünleri, somon, ıstakoz, karides, flamingo, kırmızı okyanus bitkilerinde bulunan ksantofil grubu bir karotenoiddir. İnsan üzerine yapılan çalışmalarda, kullanılan astaksantin kuvvetli bir antiinflamatuvar ve antioksidan etkisinin olduğu belirtilmiştir (Arpacı & Ayaz, 2011).

Astaksantin, nutrasötik, kozmetik ve gıda endüstrilerinde önemli bir yere sahiptir. *Haematococcus pluvialis* en zengin doğal astaksantin kaynağıdır ve endüstriyel ölçekte yetiştirilmektedir. Astaksantin, güçlü bir renklendirici ajan ve güçlü bir antioksidandır. Bu güçlü antioksidan aktivitesi özelliğiyle anti-inflamatuvar olup insan sağlığında rol oynamaktadır (Guerin vd., 2003). İnsanlarda bağışıklığı modüle ettiği, kanser hücrelerinin büyümesini engellediği ve bakteriyel yükü azalttığı bildirilmiştir (Park vd., 2010). Köpeklerde astaksantinle beslenmede bağışıklığın arttığı sonucuna varılırken (Chew vd., 2011), kedilerde yapılan başka bir çalışmada diyetle alınan astaksantin, plazma immunoglobulin G ve immunoglobulin M konsantrasyonlarını artırdığı belirtilmiştir. Astaksantin humoral bağışıklık tepkilerini artırdığı bildirilmiştir (Park vd., 2011).

Mavi-yeşil alglerden olan *Spirulina*, inflamatuvar etkiyi azaltabilen ve aynı zamanda antioksidan etkiler gösterebilen iplikli bir mikroalg türüdür. Önemli oranda protein, A, C, E, B, K vitaminleri içerir. Aynı zamanda esansiyel aminoasitler, mineral madde, esansiyel yağ asitleri, antimikrobiyal ve antioksidan madde ihtiva eder. Antioksidan özellik yüksek oranda içerdiği fikosiyanın pigmentiyle ilişkilidir (Özoğul vd., 2021). Beslenme açısından da önemi olan bu siyanobakteri türünün insan ve hayvanlarda antikanser özelliğinin olduğu, güçlü bir bağışıklık koruyucu etkisinin bulunduğu, besin olarak düşük dozlarda alındığında bağışıklık sisteminde onarıcı etki yaptığı bildirilmiştir (Özoğul, 2018). *Spirulina*'nın, anemi öyküsü olan yaşlı bireyleri kapsayan bir çalışmada, her iki cinsten 50 yaş ve üstü, önemli kronik hastalık öyküsü olmayan 40 gönüllü üzerinde araştırma yapılmıştır. Bağışıklık fonksiyonunun bir işareti olarak tam hücre sayımı ve indolamin 2,3-dioksijenaz (IDO) enzim aktivitesi belirlenmiştir. *Spirulina* takviyesinin 6. ve 12. haftalarda IDO aktivitesi ve beyaz kan hücresi sayısının arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak *Spirulina*'nın, yaşlı kişilerde anemi ve bağışıklık üzerinde iyileştirici etkisi olduğu gözlenmiştir (Selmi vd., 2011).

Spirulina hakkında yapılmış başka bir çalışmada, 250 erkek ve 250 dişi civciv olmak üzere ortalama 17 günlük toplam 500 civcive *Spirulina* takviyesi yapılmıştır. *Spirulina* takviyesi yapılan gruplarda stres hormonunun azaldığı, humoral bağışıklığın ve antioksidan durumunu artırdığı tespit edilmiştir (Mirzaie vd., 2018). Yine benzer bir çalışmada, *Spirulina* takviyesinin kuzularda antioksidan ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği sonucuna varılmıştır (El-Sabagh vd., 2014).

Chlorella vulgaris (Chlorophyta) alternatif gıda takviyesi olarak değerlendirilebilen bir mikroalgdir. Yapılan bir

çalışmada bu türün hipokolesterolemik, hepatoprotektif, immunomodülatör ve antiinflamatuvar özellikleri bulunduğu ifade edilmiştir (Coelho vd., 2022).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde hem immunositümülant hem de sindirilebilirliği düzenleyici olarak bazı mikroalg türlerinin (*Chlorella*, *Nannochloropsis gaditana*, *Tetraselmis chuii*, *Phaedactylum tricornutum*, *Dunaliella salina*) yemlerde takviye olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Mishra vd., 2022).

Esmer alglerden (*Phaeophyta*) *Laminaria japonica* polisakkaritinin yapısal tanımlaması ve immün sistemi uyarıcı aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada, farmakolojik testler sonucunda immünoestimülasyon üzerinde faydalı etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Zha vd., 2015). Kırmızı alglerden (*Rhodophyta*) *Gracilaria gracilis* tozu ile beslenen zebra balığının (*Danio rerio*) mukozal bağışıklık parametrelerinin bağışıklık sistemi ve büyüme performansına etkileri araştırılmış ve bağışıklık üzerine uyarıcı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Hoseinifar vd., 2018). Yeşil alglerden (*Chlorophyta*) olan *Caulerpa racemosa*'dan elde edilen peltata polisakkaritinin yapısal karakterizasyonu ve immünoestimülasyon aktivitesi incelenmiş ve immün sistem üzerine önemli etkileri olduğu saptanmıştır (Hao vd., 2019). *Enteromorpha prolifera*'dan elde edilen polisakkaritlerin normal farelerde güçlü immünoomodülatör özellikler sergilediğini ve gıda ve ilaç endüstrilerinde potansiyel bir immünoestimülant olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Wei vd., 2014). *Ulva lactuca*'nın antitümör ve immün sistemi uyarıcı aktiviteleri hakkındaki ilk rapora göre *Ulva lactuca*'nın hem antitümör hem de immün sistemi uyarıcı ajan olarak faydalı olabileceği belirtilmiştir (Lee vd., 2004). Buna benzer bir çalışmada *Ulva lactuca*'nın ekstrakte edilmiş fraksiyonlarının, sitotoksisteyi ve bağışıklığı uyarıcı aktivitesi incelenmiştir. Sonuçta, doğal bir kanser önleyici ve bağışıklık uyarıcı ajanlar için yarar sağlayacağı belirtilmiştir (Jang vd., 2006). Ayrıca *Ulva lactuca*'nın fonksiyonel olarak gıdalarda kullanımı ve içerdiği besin elementleriyle beslenmede önerildiği yapılan bazı çalışmalarda yer almaktadır (Tabarsa vd., 2012; Rasyid, 2017; Dominguez & Lorete, 2019; Udayangani vd., 2019). *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* ve *Sargassum* sp. yenilebilir deniz yosunları arasında yer alıp değerli besin profiline sahip oldukları bildirilmiştir (Debbarma vd., 2016).

Kahverengi deniz alglerinden olan *Sargassum* spp. Kore, Çin ve Japon mutfaklarında sıkça kullanılmaktadır. Bir besin kaynağı olmasının dışında, *Sargassum* spp. biyoaktif bileşiklerce zengin bir kaynaktır. İzole edilmiş bu biyoaktif bileşenler arasında sülfatlanmış polisakkaritler sağlığa faydaları bakımından önemlidir (Sanjeeva vd., 2018). Borazjani vd. (2018) bir çalışmada, *S. angustifolium*'dan ayrılan suda çözünür polisakkaritlerin immünoomodülatör özelliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

6. Sonuç

Bu çalışmada su canlılarının içermiş olduğu bileşenlerin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri literatür çalışmalarına dayalı olarak biraraya getirilmiştir. Sonuç olarak; beslenmemizde balık yağı alımının inflamasyonu azalttığı ve antikor üretimini tetiklediği görülmüştür. Su ürünlerinde bulunan aminoasitlerin bağışıklık hücrelerinin olgunlaşması, farklılaşması ve yanıt vermesinde etkili olduğu, eksikliğinde bağışıklığın bozulduğu, kısacası bağışıklık düzenleyici özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Bağışıklık sistemini desteklediği bilinen A, B, E vitaminlerinin su ürünlerinde yüksek oranlarda bulunduğu, B₁₂ yetersizliğinde beyaz kan hücrelerinin olgunlaşmadığı, B₆ alımının ise bağışıklığı güçlendirdiğine değinilmiştir. D vitamininin sadece iskelet metabolizması için değil, aynı zamanda immünomodülatör rolüne dikkat çekilmiş olup hayvansal su ürünleri yağlarının D vitamini için önemli bir kaynak oluşturduğu vurgulanmıştır. Su canlılarının yine bağışıklık destekleyici olan çinko ve selenyum bakımından zengin kaynaklar olduğu söylenebilir. Bazı su canlılarında (kabuklu deniz canlıları, Rhodopyta, somon) yüksek oranda bulunan astaksantin pigmentinin antiinflamatuvar ve antioksidan özellikte olduğu, insanlarda bağışıklığı modüle ettiğine dikkat çekilmiştir. Besin zincirinin en tabanında bulunan ve bu yüzden de hayati öneme sahip bazı mikroalg türlerinin (*Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Tetraselmis*, *Spirulina*, *Phaedactylum*, *Dunaliella*) bağışıklık sistemini koruyucu ve güçlendirici etki gösterdiği belirtilmiştir. Makroalgler grubundan bazı türlerin ise (*Gracilaria gracilis*, *Sargassum* spp., *Caulerpa racemosa*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha prolifera*) yapılan çalışmalarda immünomodülatör, immünostimülatör özellik gösterdikleri tespit edilmiştir.

Bağışıklık sisteminin önemi son dönemde yaşadığımız Covid-19 salgınında daha iyi anlaşılmıştır. Özellikle bulaşıcı hastalıklarda bağışıklık sistemimizin güçlü olması hastalığı hafif atlatmaya yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda hem var olan bağışıklık güçlendirici gıdalar hem de bu çalışmada ortaya konulan alternatif bağışıklık destekleyiciler ile hekim kontrolü altında vücudun kuvvetlendirilmesi gereklidir. Bu alternatif ürünlerin daha yaygın kullanımı için testlere tabi tutulması, kullanım amacı ve oranının belirlenmesi, tüm bunlar yapılırken türlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması göz önünde bulundurulmalıdır.

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.

7. Kaynaklar

Almohanna, H. M., Ahmed, A. A., Tsatalis, J. P., & Tosti, A. (2019). The Role Of Vitamins And Minerals In Hair Loss: A Review. *Dermatology and Therapy*, 9(1), 51-70.

- Alpert, P. T. (2017). The role of vitamins and minerals on the immune system, *Home Health Care Management & Practice*, 29(3), 199-202. <https://doi.org/10.1177/1084822317713300>
- Altun, T., Usta, F., Çelik, F., & Danabaş, D., (2004). Su Ürünlerinin İnsan Sağlığına Yararları, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3, 11-18.
- Arpacı, N., & Ayaz, A. (2011). Astaksantin ve Sağlık. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 39(1-2), 67-74.
- Augusta S., P., Nurkolis, F., Mayulu, N., Astuti Taslim, N., Silvia Wewengkang, D., Rotinsulu, H., & Rahimi Bahar, M. (2021). Seafood Product Innovation Movement: As A Student In The New Normal Era. *Academia Letters*, 2.
- Barta, D. G., Coman, V., & Vodnar, D. C. (2021). Microalgae as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids: biotechnological aspects. *Algal Research*, 58, 102410. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102410>
- Baysal, A. (2014). D vitamini ve Sağlığımız. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(2), 89-90.
- Bikle, D. D. (2011). Vitamin D regulation of immune function. *Vitamins & Hormones*, 86, 1-21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386960-9.00001-0>
- Bilgin, Ö., Maviş, M. E., & Göksu-Gürsu, G. (2020). amino acid content in muscle tissue of the Brown Meagre, *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae) as candidate species for aquaculture in the Black Sea, Turkey. *Pakistan Journal Of Marine Sciences*, 29(1), 29-38.
- Bilişli, A. (2009). *Gıda Kimyası*. İzmir, Sidas Yayıncılık.
- Borazjani, N. J., Tabarsa, M., You, S., & Rezaei, M. (2018). Purification, molecular properties, structural characterization, and immunomodulatory activities of water soluble polysaccharides from *Sargassum angustifolium*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 793-802. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.059>
- Büyükdere, Yücel., & Akyol Mutlu, Aslı. (2019). D vitamini ve enfeksiyon hastalıkları. *Türkiye Klinikleri*, 5(3), 39-45.
- Caesar, R., Tremaroli, V., Kovatcheva-Datchary, P., Cani, P. D., & Bäckhed, F. (2015). Crosstalk between gut microbiota and dietary lipids aggravates WAT inflammation through TLR signaling. *Cell Metabolism*, 22(4), 658-668. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2015.07.026>
- Calder, P. C. (2020). Nutrition, immunity and COVID-19. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(1), 74. <https://doi.org/10.1136/bmjnph-2020-000085>
- Chew, B. P., Mathison, B. D., Hayek, M. G., Massimino, S., Reinhart, G. A., & Park, J. S. (2011). Dietary astaxanthin enhances immune response in dogs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 140(3-4), 199-206.
- Childs, C. E., Calder, P. C., & Miles, E. A. (2019). Diet and immune function. *Nutrients*, 11(8), 1933. <https://doi.org/10.3390/nu11081933>
- Cian, R. E., Drago, S. R., De Medina, F. S., & Martínez-Augustin, O. (2015). Proteins and carbohydrates from red seaweeds: evidence for beneficial effects on gut function and microbiota. *Marine drugs*, 13(8), 5358-5383. <https://doi.org/10.3390/md13085358>
- Coelho, D., Alfaia, C. M., Lopes, P. A., Pestana, J. M., Costa, M. M., Pinto, R. M., Almeida, J. M., Moreira, O., Fontes, C. M. G. A. & Prates, J. A. (2022). Impact of *Chlorella vulgaris* as feed ingredient and carbohydrases on the health status and hepatic lipid metabolism of finishing pigs. *Research in Veterinary Science*. 144, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.01.008>
- Çetin, F. (2020). Bağışıklık Sistemi Desteklerinin Besin-İlaç Etkileşimi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 14-19.
- Das, S., & Green, A. (2013). Importance of zinc in crops and human health. *Journal of SAT Agricultural Research*, 11, 1-7.
- Debbarma, J., Rao, B. M., Murthy, L. N., Mathew, S., Venkateshwarlu, G., & Ravishankar, C. N. (2016). Nutritional profiling of the edible seaweeds *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* and *Sargassum* sp. *Indian Journal of Fisheries*, 63(3), 81-87. <https://doi.org/10.21077/ijf.2016.63.3.60073-11>
- Doğan, M. (2020). Çinko Eksikliği ve Fazlalığı, *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 12(1), 13-19.
- Dominguez, H., & Loret, E. P. (2019). *Ulva lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, 17(6), 357. <https://doi.org/10.3390/md17060357>
- EL-Sabagh, M. R., Abd Eldaim, M. A., Mahboub, D. H., & Abdel-Daim, M. (2014). Effects of *Spirulina platensis* algae on growth performance, antioxidative status and blood metabolites in fattening

- lams. *Journal of Agricultural Science*, 6(3), 92. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n3p92>
- Erkan N., Selçuk A., & Özden Ö., (2010). Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Method*, 3, 269-275.
- Filippini, T., Cilloni, S., Malavolti, M., Violi, F., Malagoli, C., Tesaro, M., ..., & Vinceti, M. (2018). Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a northern Italy community. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, 508-517. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.03.001>
- Gil, A., & Gil, F. (2015). Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA: benefits do not justify limiting consumption. *British Journal of Nutrition*, 113, 58-567. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003742>
- Gottrand, F. (2008). Long-chain polyunsaturated fatty acids influence the immune system of infants. *The Journal of Nutrition*, 138(9), 1807-1812. <https://doi.org/10.1093/jn/138.9.1807>
- Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21(5), 210-216. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00078-7)
- Guo, Y., Chen, S., Xia, Z., & Yuan, J. (2004). Effects of different types of polyunsaturated fatty acids on immune function and PGE2 synthesis by peripheral blood leukocytes of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 116(3-4), 249-258.
- Gutiérrez, S., Svahn, S. L., & Johansson, M. E. (2019). Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20), 5028. <https://doi.org/10.3390/ijms20205028>
- Güngör, E. Ö., Yaldız, N., & Özbek, S. Ç. (2020). İmmün sistemi destekleyen bazı mikronutrientler: Covid-19'a yönelik bir derleme. *Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1, 53-56.
- Güngörür, M. N., & Sühendan, M. (2019). Bir gıda olarak midye. *Aydın Gastronomy*, 3(2), 119-127.
- Hao, H., Han, Y., Yang, L., Hu, L., Duan, X., Yang, X., & Huang, R. (2019). Structural characterization and immunostimulatory activity of a novel polysaccharide from green alga *caulerpa racemosa* var *peltata*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, 891-900.
- Hoseinifar, S. H., Yousefi, S., Capillo, G., Paknejad, H., Khalili, M., Tabarraei, A., & Faggio, C. (2018). Mucosal immune parameters, immune and antioxidant defence related genes expression and growth performance of zebrafish (*Danio rerio*) fed on *Gracilaria gracilis* powder. *Fish & Shellfish Immunology*, 83, 232-237.
- Hosomi, R., Yoshida, M., & Fukunaga, K. (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), 72. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>
- Huang, Z., Liu, Y., Qi, G., Brand, D., & Zheng, S. G. (2018). Role of vitamin A in the immune system. *Journal of Clinical Medicine*, 7(9), 258. <https://doi.org/10.3390/jcm7090258>
- Irkin, L. C. (2021). The Effects of Shellfish Consumption Frequency for Human Health. In S. Ray, & S. Mukherjee (Eds.), Update on Malacology. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100405>
- Jang, M. K., Kim, N. Y., Lee, D. G., Lee, J. H., Ha, J. M., Ha, B. J., & Lee, S. H. (2006). Effects of *Ulva lactuca* extracts on cytotoxicity of cancer cell lines and immune stimulation. *Journal of Life Science*, 16(7), 1169-1173. <https://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.7.1169>
- Kagawa, Y. (2022). Influence of nutritional intakes in Japan and the United States on COVID-19 infection. *Nutrients*, 14(3), 633. <https://doi.org/10.3390/nu14030633>
- Kangalil, M., & Yardımcı, H. (2017). Selenyumun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri Ve Diyabetes Mellitusla İlişkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 7(4), 66-71.
- Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243-253.
- Khanam, S. (2018). Impact of zinc on immune response. *Current Research in Immunology*, 2(1), 1-2.
- Kim, J. D., & Lall, S. P. (2000). Amino acid composition of whole body tissue of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), yellowtail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 187(3-4), 367-373.
- Kumar, N. G., Contaifer, D., Madurantakam, P., Carbone, S., Price, E. T., Van Tassell, B., & Wijesinghe, D. S. (2019). Dietary bioactive fatty acids as modulators of immune function: implications on human health. *Nutrients*, 11(12), 2974. <https://doi.org/10.3390/nu11122974>
- Larsen, H. R. (2000). Fish Oils: The Essential Nutrients. International Health News, (103).
- Lee, D. G., Hyun, J. W., Kang, K. A., Lee, J. O., Lee, S. H., Ha, B. J., & Lee, J. H. (2004). *Ulva lactuca*: A potential seaweed for tumor treatment and immune stimulation. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 9(3), 236-238.
- Lewis N. M., Seburg, S., & Flanagan, N. L. (2000). Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *The Journal of Poultry Science*, 79, 971-974. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.971>
- Li, P., Yin, Y. L., Li, D., Kim, S. W., & Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98(2), 237-252. <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1673S>
- Maywald, M., Wessels, I., & Rink, L. (2017). Zinc Signals and Immunity. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(10), 2222. <https://doi.org/10.3390/ijms18102222>
- Mendivil, C. O. (2020). Dietary fish, fish nutrients, and immune function: a review. *Frontiers in Nutrition*, 7, <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.617652>
- Miles, E. A., Banerjee, T., Dooper, M. M., MRabet, L., Graus, Y. M., & Calder, P. C. (2004). The influence of different combinations of γ -linolenic acid, stearidonic acid and EPA on immune function in healthy young male subjects. *British Journal of Nutrition*, 91(6), 893-903. <https://doi.org/10.1079/BJN20041131>
- Miles, E. A., Childs, C. E., & Calder, P. C. (2021). Long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFAs) and the developing immune system: a narrative review. *Nutrients*, 13(1), 247. <https://doi.org/10.3390/nu1301024>
- Mirzaie, S., Zirak-Khattab, F., Hosseini, S. A., & Donyaei-Darian, H. (2018). Effects of dietary spirulina on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, 31(4), 556. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0483>
- Mishra, B., Tiwari, A., & Mahmoud, A. E. D. (2022). Microalgal Potential For Sustainable Aquaculture Applications: Bioremediation, Biocontrol, Aquafeed. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02254-1>
- Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T. V., Chakraborty, K., Rangasamy, A., ... & Sharma, A. P. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of amino acids*, 2014, 269797.
- Mol, S. (2008). Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 2(4), 601-607. <https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2008023>
- Oehlenschläger, J. (2012). Seafood: nutritional benefits and risk aspects. *International Journal For Vitamin And Nutrition Research*, 82(3), 168-176. <https://doi.org/10.1024/03009831/a000108>
- Öksüz, A., Alkan, Ş. B., Taşkın, H., & Ayrancı, M. (2015). Yaşam boyu sağlıklı ve dengeli beslenme için balık tüketiminin önemi. *Food and Health*, 4(1), 43-62. <https://doi.org/10.3153/JFHS18006>
- Önal, H. Y., & Demirci, Z. (2020). İmmün sistemin gelişmesinde ve desteklenmesinde besin desteklerinin rolü. *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi*, 2(3), 137-147.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2008). Comparison of biochemical composition of three aqua cultured fishes (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8), 545-557
- Özden, Ö. (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of atlantic bonito and horse mackerel: a monthly differentiation. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(3), 578-586.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2011). A preliminary study of amino acid and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113(4), 457-469.
- Özoğul, İ. (2018). *Spirulina platensis* ve *Chlorella vulgaris*'den elde edilen ekstraktların soğuk depolanan (4±1°C) sardalya (*Sardinella aurata*) filetoları üzerindeki antioksidan ve antimikrobiyal etkileri. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özoğul, İ., Kuley, E., Durmus, M., Özoğul, Y., & Polat, A. (2021). The effects of microalgae (*Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris*) extracts on the quality of vacuum packaged sardine during chilled storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1327-1340. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00729-1>
- Ozogul, Y. (2019). *Innovative technologies in seafood processing*. London, CRC Press.
- Özsoy, S., & Saka, M. (2021). COVID-19 tanımlı yoğun bakım hastalarında omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri desteğinin etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 49(2), 65-72.
- Öztekin, A., Yigit, M., Kizilkaya, B., Ucyol, N., Tan, E., Yilmaz, S., & Ergun, S. (2020). Nutritional quality of amino acid in farmed, farm-

- aggregated and wild axillary seabream (*Pagellus acarne*) with implications to human health. *Aquaculture Research*, 51(5), 1844-1853. <https://doi.org/10.1111/are.14534>
- Pal, J., Shukla, B. N., Maurya, A. K., Verma, H. O., Pandey, G., & Amitha, A. (2018). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 427-430.
- Pandolfi, F., Franza, L., Mandolini, C., & Conti, P. (2017). Immune modulation by vitamin d: special emphasis on its role in prevention and treatment of cancer. *Clinical Therapeutics*, 39(5), 884-893.
- Park, J. S., Chyun, J. H., Kim, Y. K., Line, L. L., & Chew, B. P. (2010). Astaxanthin decreased oxidative stress and inflammation and enhanced immune response in humans. *Nutrition & Metabolism*, 7(1), 1-10.
- Park, J. S., Mathison, B. D., Hayek, M. G., Massimino, S., Reinhart, G. A., & Chew, B. P. (2011). Astaxanthin stimulates cell-mediated and humoral immune responses in cats. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 144(3-4), 455-461. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.08.019>
- Qian, B., Shen, S., Zhang, J., & Jing, P. (2017). Effects of vitamin b6 deficiency on the composition and functional potential of t cell populations. *Journal of Immunology Research*, 2017, 2197975. <https://doi.org/10.1155/2017/2197975>
- Rasyid, A. (2017). Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed *Ulva lactuca* from pameungpeuk waters, Indonesia. *Tropical Life Sciences Research*, 28(2), 119. <https://doi.org/10.21315/tlsr2017.28.2.9>
- Rayman, M. P. (2008). Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. *British Journal of Nutrition*, 100(2), 254-268.
- Rees, D., Miles, E. A., Banerjee, T., Wells, S. J., Roynette, C. E., Wahle, K. W., & Calder, P. C. (2006). Dose-related effects of eicosapentaenoic acid on innate immune function in healthy humans: a comparison of young and older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(2), 331-342. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.2.331>
- Rink, L., & Haase, H. (2007). Zinc homeostasis and immunity. *Trends in Immunology*, 28(1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.it.2006.11.005>
- Rocourt, C. R., & Cheng, W. H. (2013). Selenium supranutrition: are the potential benefits of chemoprevention outweighed by the promotion of diabetes and insulin resistance?. *Nutrients*, 5(4), 1349-1365. <https://doi.org/10.3390/nu5041349>
- Roleda, M. Y., Lage, S., Aluwini, D. F., Rebours, C., Brurberg, M. B., Nitschke, U., & Gentili, F. G. (2021). Chemical Profiling of the Arctic Sea Lettuce *Ulva lactuca* (Chlorophyta) Mass-Cultivated on Land Under Controlled Conditions For Food Applications. *Food Chemistry*, 341, 127999. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127999>
- Ruth, M. R., & Field, C. J. (2013). The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-27>
- Ryckebosch, E., Bruneel, C., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Microalgae as an alternative source of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids. *Lipid Technology*, 24(6), 128-130. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102410>
- Ryckebosch, E., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Goiris, K., Muylaert, K., & Foubert, I. (2014). Nutritional evaluation of microalgae oils rich in omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids as an alternative for fish oil. *Food Chemistry*, 160, 393-400.
- Salar, B., & Ayşe, U. Z. (2021). Omega yağ asitleri: biyolojik etkileri ve bitkisel kaynakları. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 41(3), 194-209. <https://doi.org/10.52794/hujpharm.920079>
- Sanjeeva, K. A., Kang, N., Ahn, G., Jee, Y., Kim, Y. T., & Jeon, Y. J. (2018). Bioactive potentials of sulfated polysaccharides isolated from brown seaweed *sargassum* spp in related to human health applications: a review. *Food Hydrocolloids*, 81, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.040>
- Selmi, C., Leung, P. S., Fischer, L., German, B., Yang, C. Y., Kenny, T. P., ..., & Gershwin, M. E. (2011). The effects of *Spirulina* on anemia and immune function in senior citizens. *Cellular & Molecular Immunology*, 8(3), 248-254.
- Shahidi, F. (2011). Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease. In *Omega-3 Oils Applications in Functional Foods*, (pp.1-30)
- Shakoor, H., Feehan, J., Al Dhaheri, A. S., Ali, H. I., Platat, C., Ismail, L. C., & Stojanovska, L. (2021). Immune-boosting role of vitamins d, c, e, zinc, selenium and omega-3 fatty acids: could they help against COVID-19?. *Maturitas*, 143, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.08.003>
- Şimşek, A., Sarı, F., & Artık, N. (2004). Selenyumun insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 5(2), 245-251.
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezani, Z., & Waaland, J. R. (2012). Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(12), 2500-2506. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5659>
- Tacon, A. G., & Metian, M. (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 22-38. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
- Turan, H., Erkoyuncu, İ., & Kocatepe, D. (2013). Omega-6, Omega-3 Yağ Asitleri ve Balık. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 45-50.
- Udayangani, C., Wijesekara, I., & Wickramasinghe, I. (2019). Characterization of sea lettuce (*Ulva lactuca*) from Matara, Sri Lanka and development of nutrifers as a functional food. *Ruhuna Journal of Science*, 10(2), 96-107. <https://doi.org/10.4038/rjs.v10i2.76>
- Venter, C., Meyer, R. W., Nwaru, B. I., Roduit, C., Untermayr, E., Adel-Patient, K., & O'Mahony, L. (2019). EAACI position paper: influence of dietary fatty acids on asthma, food allergy, and atopic dermatitis. *Allergy*, 74(8), 1429-1444. <https://doi.org/10.1111/all.13764>
- Venter, C., Eyerich, S., Sarin, T., & Klatt, K. C. (2020). Nutrition and the immune system: a complicated tango. *Nutrients*, 12(3), 818. <https://doi.org/10.3390/nu12030818>
- Venugopal, V., & Gopakumar, K. (2017). Shellfish: nutritive value, health benefits, and consumer safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), 1219-1242. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12312>
- Vieira, E. F., Soares, C., Machado, S., Correia, M., Ramalhosa, M. J., Oliva-Teles, M. T., ... & Delerue-Matos, C. (2018). seaweeds from the portuguese coast as a source of proteinaceous material: total and free amino acid composition profile. *Food Chemistry*, 269, 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.145>
- Wei, J., Wang, S., Liu, G., Pei, D., Liu, Y., Liu, Y., & Di, D. (2014). Polysaccharides from enteromorpha prolifera enhance the immunity of normal mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 64, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.11.013>
- Wright, A. C., Fan, Y., & Baker, G. L. (2018). Nutritional value and food safety of bivalve molluscan shellfish. *Journal of Shellfish Research*, 37(4), 695-708. <https://doi.org/10.2983/035.037.0403>
- Wu, G. (2009). Amino Acids: Metabolism, Functions, and Nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1-17.
- Zha, X. Q., Lu, C. Q., Cui, S. H., Pan, L. H., Zhang, H. L., Wang, J. H., & Luo, J. P. (2015). Structural identification and immunostimulating activity of a *Laminaria japonica* polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 78, 429-438. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.04.047>



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

A Chemical Invasion on Waters and Aquatic Organisms: Bisphenol A

İkbal Demet NANE^{1*}, Öznur DİLER²

¹ Isparta University of Applied Sciences, Technical Sciences VS, Department of Chemistry and Chemical Processing

² Isparta University of Applied Sciences, Egirdir Fisheries Faculty, Department of Aquaculture

*Sorumlu yazar: ikbalnane@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 06/09/2022

Kabul tarihi: 10/11/2022

Anahtar Kelimeler: Endocrine-disrupting,
Environment pollution, Toxicity.

DOI: 10.55979/tjse.1171137

ABSTRACT

The main reason for the intense discharge of chemical pollutants into nature is the increase in the world population. These pollutants disrupt the natural balance in soil, water and air. However, this effect is most prominent in the aquatic ecosystem. These pollutants are considered to be predominantly endocrine disruptors (EDCs) and which well-known EDC is bisphenol A (BPA). BPA is a chemical used in making polycarbonate plastics and epoxy resins. Also, it is one of the most produced chemicals worldwide and it cause serious problems to health of aquatic population. The most common problems are increased abnormalities of reproductive systems, deformities in developing embryos, deformation in behavioral activities. This review provides information about the discharge routes of BPA, its effects in the aquatic system and its mechanisms of action.

Sularda ve Akuatik Canlılarda Kimyasal Bir İstila: Bisfenol A

ARTICLE INFO

Received: 06/09/2022

Accepted: 10/11/2022

Keywords: Endokrin bozucu, Çevre
kirliliği, Toksikite.

DOI: 10.55979/tjse.1171137

ÖZET

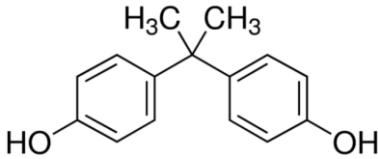
Kimyasal kirleticilerin doğaya yoğun bir şekilde atılmasının temel nedeni dünya nüfusunun artmasıdır. Bu kirleticiler toprak, su ve havadaki doğal dengeyi bozar. Bununla birlikte, bu etki en çok su ekosisteminde belirgindir. Bu kirleticilerin ağırlıklı olarak endokrin bozucu kimyasallar (EBK) olduğu ve iyi bilinen EBK'nın Bisfenol A (BPA) olduğu bildirilmektedir. BPA polikarbonat plastiklerin ve epoksi reçinelerin yapımında kullanılan bir kimyasaldır. Ayrıca dünya çapında en çok üretilen kimyasallardan biridir ve sucul popülasyonun sağlığında ciddi sorunlara neden olur. En yaygın problemler üreme sistemlerindeki anormallikler, gelişen embriyolardaki deformiteler, davranışsal aktivitelerdeki deformasyonlardır. Bu derleme, BPA'nın deşarj yolları, su sistemindeki etkileri ve etki mekanizmaları hakkında bilgi vermektedir.

1. Introduction

Synthetic chemicals that may simulation or intruded with the body's hormones are referred as EDCs. These substances have an effect on production, release, transmission, destruction and elimination of hormones in the body (Uğuz et al., 2009). Some of EDCs are 4-nonylphenol (NP), bisphenol A (BPA), bisphenol S (BPS), octylphenol (OP), vinclozolin and diethylstilbestrol (DES).

BPA which was observed mostly in the nature among these EDCs is a colorless solid, classified in phenol group. BPA (4,4'-dihydroxy-2,2-diphenylpropane) is a colorless solid, classified in phenol group, synthesized by condensing acetone with two moles of phenol, solute in organic solvents but poorly solute in water (Minaz et al., 2022a) The physicochemical properties of BPA are shown in Table 1.

Table 1. The physicochemical properties of BPA (Umar et al., 2013; Wirasnita et al., 2014)

Properties	Bisphenol A
Molecular structure	
Molecular weight (g/mol)	228,29
Decomposition point (°C)	220
Melting point (°C)	150-155
Boiling point (°C)	220
Solubility, in water (25°C; mg/L)	120 – 300
Dissolution, (28°C; g/kg)	Ethanol, ether, benzene
Density (25°C; g/cm ³)	1,195

BPA is robust enough to substitute steel and transparent enough to substitute glass. Therefore, its usage areas are expanding day by day. BPA is used in the manufacture of plastic and industrial products such as food and beverage packaging, adhesives, electronic parts, safety equipment (Namat et al., 2021).

Numerous taxonomic groups have been studied for fresh and marine water, worms, mollusks, sponges, amphibians, insects, fish, crustaceans, algae, and hydra to identify the toxicity of BPA on aquatic animals (Mihaich et al., 2009; Staples et al., 1998, 2002, 2008; Minaz et al., 2022a,b; Diler et al., 2022; Faheem and Lone, 2018).

2. Production, Distribution and Degradation pathways of BPA

BPA is an organic pollutant, primarily produced from phenol and acetone, usually used as a basic monomer in a variety of plastics (epoxy resins, polyethersulphones, polycarbonates, polyesters etc.). BPA is produced by acid catalyzed condensation reaction of two moles of phenol and one mole of acetone. In the production of BPA, the reaction of phenol and acetone is carried out in the presence of a strong acid such as hydrochloric acid. Polycarbonates, epoxy resins, polyethersulphones, polyesters are produced from BPA released as a result of this reaction (Parkinson, 2001). It is shown in Figure 1 (Liguori et al., 2020). BPA has the strength and transparency to replace steel and glass (Vogel, 2009). BPA is commonly used in the production of polycarbonate (74% of production) and epoxy resin (20% of production) (Konieczna et al., 2015). Polycarbonates is used food and beverage containers, medical devices, protective equipment, greenhouses, disks and lighting fittings. Epoxy resins are mainly used for the production of industrial coatings, paints and adhesives (Nane et al., 2021).

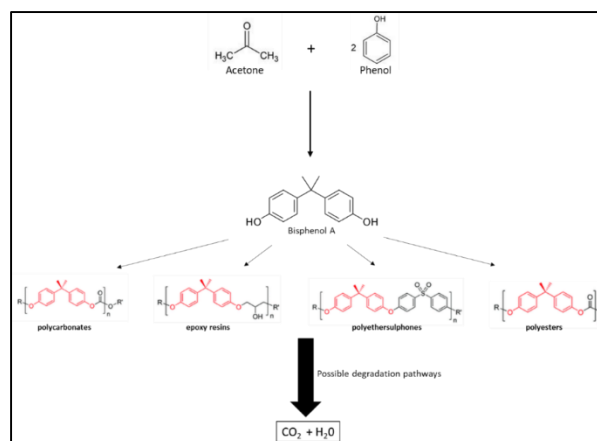


Figure 1. Synthesis of BPA and BPA-based products (Chruściel et al., 2019; Garg et al., 2019; Liguori et al., 2020).

Polycarbonates, epoxy resins, polyethersulphones, polyesters are encountered every day in our daily life. These plastics input the seas, rivers and lakes in different ways such as via wastewater treatment plants, leaching from landfills, and the biodegradation of plastics in the environment (Sidhu et al., 2005; Kinney et al., 2006; Crain et al., 2007; Kang et al., 2007; Anonymous, 2010).

Both detection and treatment studies for BPA in aquatic environment are reported to continue in parallel (Chen et al., 2016; Zhang et al., 2019; Wang et al., 2020). The water-octanol partition coefficient K_{ow} for BPA in the aquatic environs is reported as 3.47 ± 0.08 . This situation indicates moderate bioaccumulation of BPA in matrices such water, air and sediment (Borrirukwisitsak et al., 2012).

BPA in the aquatic environment can be exposed to photodegradation (Neamtu and Frimmel 2006; Lu et al., 2013; Kong et al., 2020), photoelectrocatalytic oxidation (Brugnera et al., 2010; Wang et al., 2019; Zhang et al., 2019), oxidation (Deborde et al., 2008; Burgos-Castillo et

al., 2018; Wang et al., 2019), and biodegradation (Kang et al., 2006; Xiong et al., 2017; Tong et al., 2021) by microorganisms, plant activities and aquatic organisms. Biodegradation is a method used to remove chemicals from water (Zhang et al., 2013). BPA in aquatic ambient is decomposed with microorganisms (Dorn et al., 1987; Staples et al., 1998). Microorganism strains belonging to degradation are isolated from soil, clay, river, sea water, agricultural soil and even food samples (Kang et al., 2006; Melcer and Klečka 2011; Kamaraj et al., 2018). Bacteria are shown separately as gram positive and gram negative in Table 2 and Table 3.

Table 2. Recommended gram-negative strains for BPA

Gram-negative strains	Studies
<i>Sphingomonas</i> sp.	(Gao et al., 2022; Jia et al., 2020; Kolvenbach et al., 2007; Matsumura et al., 2009; Oshiman et al., 2007; Sakai et al., 2007; Yamanaka et al., 2008)
<i>Pseudomonas</i> sp.	(Eltoukhy et al., 2020; Him, Zainuddin, and Basha 2017; Kang and Kondo 2002; Kučić Grgić et al., 2019; Noszczyńska et al., 2021; Fischer et al., 2010; Zhang et al., 2007)
<i>Achromobacter</i> sp.	(Fischer et al., 2010; Zhang et al., 2007)
<i>Nitrosomonas</i> sp.	(Roh et al., 2009)
<i>Croceicoccus</i>	(Li et al., 2021)
<i>bisphenolivorans</i> sp.	
<i>Bacillus megaterium</i> sp.	(Suyamud et al., 2018)
<i>Pandoraea</i> sp.	(Matsumura et al., 2009)
<i>Cupriavidus</i> sp.	(Fischer et al., 2010; Zhang et al., 2007; Zühlke et al., 2017)
<i>Acinetobacter</i> sp.	(Noszczyńska et al., 2021)
<i>Virgibacillus</i> sp.	(Kamaraj et al., 2018)

Table 3. Recommended gram-positive strains for Bisphenol A

Gram-positive strains	Studies
<i>Streptomyces</i> sp.	(Das et al., 2018; Kamaraj et al., 2014; Kang et al., 2004; Kučić Grgić et al., 2019; Matsumura et al., 2009; Saiyood et al., 2010)
<i>Bacillus</i> sp.	(Das et al., 2018; Kamaraj et al., 2014; Matsumura et al., 2009; Saiyood et al., 2010)

BPA-degrading bacteria communities differ greatly with strain specificity. In addition, physicochemical properties (temperature, pH, oxygen, salinity etc.) of water affect degradation (Zhang et al., 2013). BPA is rapidly degraded in the with half-lives in water and soil of nearly five days. The rate of degradation in air is even shorter, with a relatively short time of about one day (Cousins et al., 2002). However, it is quite common in biota (Oehlmann et al., 2009). The size of bacterial population in BPA degradation, aerobic and anaerobic conditions; river, lake or sea water has different effects. These conditions affect complete degradation and mineralization (Klečka et al.,

2001; Sajiki and Yonekubo 2002, 2003; Kang and Kondo 2005; Zhang et al., 2007). For example, while BPA is easily degraded by bacteria in fresh water as degrades in sea water in about 40 days (Kang and Kondo 2005; Danzl et al., 2009). BPA is a carbon source for the bacterial environment and bacteria can easily use it. It is converted into metabolites unless the bacteria cannot fully use BPA (Gao et al., 2022).

3. Bioaccumulation of BPA

Bioaccumulation is run of a chemical entering into the organism from water, sediment, soil, air, or diet. It is explained by the bioaccumulation factor (BAF). However, bioaccumulation in water is expressed by measuring it as a bioconcentration factor (BCF) (Anonymous 1999a; Anonymous 1999b; Goulet et al., 2011). The United States Environmental Protection Agency (USEPA) has reported that bioconcentration factor (BCF) of BPA is less than 1000, the concern threshold. So, they would classify BPA as “not a bioaccumulate chemical of concern” (Staples et al., 1998). Bioaccumulation is generally thought to occur at high BPA concentrations. It is believed to be biodegradable or metabolized at low concentrations. In a study on this subject, trout were exposed to 100 µg/BPA L for 2 hours. Then the bioaccumulation factor was calculated and values of approximately 3.5-5.5 BCF were found (Lindholst et al., 2001).

4. Metabolic destiny of BPA

The mechanism of action of all chemicals is different. After any chemical is taken into the organism, it determines different metabolic pathways. So that comprehend the chemical mechanism of the effects of BPA in a body, it is very important to know the metabolic pathway of in the organisms. The main pathway of exposure BPA in aquatic animals is through the gills and skin (Kang et al., 2007). In aquatic organisms, BPA can be taken into the body in several ways (gill, skin or mouth). BPA that chooses one of these must pass across the gastrointestinal system and liver before achieving target tissues. It is possible to enlighten the fate of the compound by watching it pass through these paths step by step. Once the compound reaches the target tissue, it begins to break down into metabolites. While xenobiotics break down into their metabolites in tissues, they encounter protective barriers to reduce their potential harmful effects. These barriers are known as the hepatointestinal pathway. The hepatointestinal tract consists of 3 parts (Bock, 2014). In the first category, it consists of P450 (CYP), which is one of the primary phases I type detoxification enzymes found in continental or aquatic animals. Xenoestrogen or xenobiotic type drugs are separated into their metabolites by CYPs (Nelson et al., 1993; Snyder, 2000). The second category is the class of those called phase II enzymes. Phase II enzymes break down BPA into its metabolites by glucuronidation (Figure 2). Glucuronidation; it is the main route of biotransformation of endogenous compounds and takes place in the liver (Mackenzie et al., 1997; MacKenzie et al., 2003; Di Pietro et al., 2010). The third category consists of drug carriers, which are proteins responsible for

drug uptake and excretion (Hediger et al., 2004; Iwano et al., 2018).

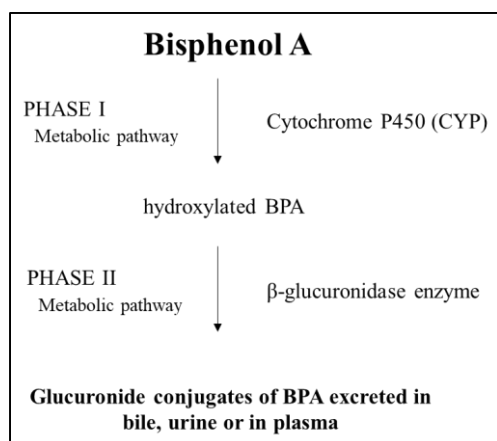


Figure 2. Metabolism and elimination of bisphenol A, fish and rat (van den Berg et al., 2003; Iwano et al., 2018)

Metabolic destiny of BPA exposure had been first identified in the rats (Knaak and Sullivan, 1966). The rats were fed orally with BPA for 8 days and at the end of the period, urine and fecal matters were sampled. The results show that BPA is initially discharged as the glucuronide. In another, rainbow trout was exposed to BPA and its metabolites were examined in muscle, liver, and plasma samples. Glucuronitated degradation products were found in the blood plasma of fish groups exposed intraperitoneally and in water. According to the results obtained from the present experiment; glucuronitated products are reported to be a xenoestrogen more susceptible than BPA (Lindholst et al., 2001).

BPA contains two phenol rings as its molecular structure. Therefore, metabolites produced from BPA are expected to be sulfonated and glucuronidated as degradation products. However, Atkinson and Roy (1995), had suggested a different degradation pathway. This method BPA is turned into DNA-binding metabolites in liver, by the cytochrome P450 path. Alongside the phase II metabolites produced from BPA, quinines are formed by the addition of hydroxyl to the main molecule.

5. Estrogenic Effects of BPA

BPA can cause feminization on aquatic organisms (Idowu et al., 2022). Increasing information about BPA's properties that mimic estrogen and its possible toxic effects is evidence that this chemical may have negative consequences on the fertility of aquatic organisms. It has been reported in trials on estrogen receptors that BPA changes the suite of genes as the dose increases, which explains the impact at low doses, or at doses in between, can't be forecasted from high-dose tests (Vom Saal and Myers, 2008).

In recent years, researchers show that various reproductive dysfunction in humans, birds, mammals or aquatic organisms are closely related with BPA (Manzetti et al., 2014). There are different effects inside and outside the reproductive system in aquatic organisms. It can cause morphological anomalies such as gonadal size, oogenesis

and behavior, immunity and metabolism (Susiarjo et al., 2007; Chen et al., 2015; Fang et al., 2016; Santangeli et al., 2016; Molina et al., 2018).

Ongoing research about BPA's properties that mimic estrogen receptors and its possible toxic effects have reported this chemical may have negative consequences on the fertility of aquatic organisms. The estrogen receptors are responsible for capturing and holding estrogens such as estradiol (female hormone) in the body (Frenzilli et al., 2021).

Xenoestrogens share some structures found in estrogens. This situation makes it easier for them to bond to the estrogen receptor. BPA chemical structure is like estradiol so in binding to the estrogen receptor, BPA can disorder the animals endocrine or hormone system (Vom Saal et al., 2007). BPA has affinity for estrogen receptors subtypes (ER α /ER β). But this affinity is far less than 17 β -estradiol, the body's most active estrogen (Calafat et al., 2009; Bolli et al., 2010;). It has been declared in trials on estrogen receptors that BPA changes the suite of genes as the dose increases, which explains the impact at low doses, or at doses in between, can't be forecasted from high-dose tests (Vom Saal and Myers, 2008). In a study on zebrafish; exposure to BPA delayed the individual's development at the level of sex differentiation or sex development. This effect of BPA exposes that it can influence the process whereby the gonad transformation into an ovary or testis (Song et al., 2020).

Labeo bata was treated with BPA (2 and 4 μ M/L) and the data were consistent with the induction of vitellogene, which was used as a biomarker for fish and egg vertebrates to examine estrogen exposure. Again, in the same experiment, BPA modified the gene expression of estrogen receptors subtypes (ER α /ER β) (Mukherjee et al., 2020). Many works have declared that gonadal development is affected opposite in aquatic microorganisms (Luo et al., 2017; Wang et al., 2019; Forner-Piquer et al., 2020).

6. Carcinogenic effects

Recent studies for the endocrine disruptor BPA in human from birth defects to reproductive disorders, from tissue damage to obesity, its negative effects have been tried to be clarified. However, there are still many unexplained questions and problems. Arguments from in vivo and in vitro surveys has suggested an association between increased ratio of cancer and BPA exposure at dose measures (Wang et al., 2017).

Endocrine disrupting chemicals are known to often mimic sex steroids. Therefore, the breeding system is thought to be especially sensible to this chemical., Most study in the discipline of endocrine disruption has centered on breeding modification (Ankley et al., 2001; Gray Jr et al., 2002; Parrott and Wood 2002; Van der Oost et al., 2003; Kloas et al., 2009). Carcinogenic effects are also related to whether there is a health problem transmitted from generation to generation (Al-Sakran et al., 2016). Other researchers guided research to examine the transgenerational abnormalities and health problems of

BPA and 17 α -ethinylestradiol (EE2) in medaka. In the trial established by exposure to three generations of BPA and EE2; first embryo (F0) and the fry medaka (F1) produced from this embryo did not reason any significant phenotypic anomalies. However, after two generations, fry (F2) led to an expressive reduce in fertilization ratio and after three generations, embryo survival in offspring (F3) was reduced (Bhandari et al., 2015).

7. BPA-Based Histopathological Changes in Aquatic Organisms

Fish accumulate all the toxic substances they take into their bodies in the aquatic environment. It is accepted as an indicator of environmental pollution. Histopathological examination of fish tissues enables early warning signs of possible diseases. Many histopathological studies have been done on the kidney, liver, gill, and gonad tissues of aquatic animals. Chemical exposure in fish occurs through the gills (Kang et al., 2007). Mosquito fish and guppy fish tissues were examined in research to evaluate the histopathological effect of BPA exposure in gill tissues. All of samples were exposed to 50 μ g/L BPA, for short and long term. In gills from fish treated with BPA were observed necrosis and desquamation, edema. (Elshaer et al., 2013). Damage to gill tissues has been reported in other studies on BPA exposure (Chitra and Sajitha, 2014; Faheem et al., 2016). Liver has biomarkers that ensure whether living things have been exposed to environmental stress factors before. In addition, this organ is important in terms of uptake of contaminants and ensuring biotransformation (Belfroid et al., 2002; Hatice and Şişman, 2017). In the studies carried out, degeneration, necrosis, vacuolization (Faheem et al., 2016; Li et al., 2017; Minaz et al., 2022a), central vein congestion, inflammation, edema (Faheem et al., 2016; Li et al., 2017); lipid accumulation in hepatocytes (Pathiraja and Rajapaksa, 2019) were observed. The kidneys are responsible for homeostasis, waste removal and selective reabsorption in the body lesions in this organ allow histological determinations as signs of environmental pollution (Karlsson 1983). Fish muscles are the tissue that is usually determined for the biological accumulation of toxic substances and the pathological changes caused by it. The kidney and tissue of tilapia were examined exposed to BPA for 28 days. Severe lesions in the kidney tissue, hyperplasia and necrosis of the tubular epithelium were observed. In muscle tissue, degeneration in muscle bundles, shortened muscle bundles and various degeneration were observed (Vasu et al., 2019).

8. Antioxidant Enzyme Activity Effects

Antioxidant enzyme systems that catalyze reactions to counterbalance free radicals and reactive oxygen species include superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), malondialdehyde (MDA), Glutathione Reductase (GR) and Glutathione S-Transferase (GST), Glutathione-peroxidase (GSH-Px) (Nazeer et al., 2012). These form the body's endogenous defense mechanisms to help guard against free radical-induced cell damage. In a study, Antioxidant activity was determined for liver and gill tissues of *O. mykiss*, while there is no change in SOD and

CAT values, GSH-Px values for both tissues showed a significantly lower effect (Minaz et al., 2022b). In a chronic toxicity study with *Aristichthys nobilis*, no difference was observed in SOD and CAT values in tissues exposed to BPA compared to the control group for 30 days (Akram et al., 2021). Crayfish, a benthic animal, has been exposed to BPA for 5 and 20 days. Antioxidant enzyme activity (SOD, GST, GR) was examined for both tests and the results were compared. The results of the experiments was considerably lower than in the control group for 5 days. In this study is claimed that *A. leptodactylus* had high tolerance to BPA (Diler et al., 2022)

9. Conclusion

This review of literature clearly shows that BPA is moderately toxic in the aquatic medium (Staples et al., 1998). However, this chemical not only bioaccumulates in organisms but also even the sub-lethal dosage of this chemical exerts estrogenic effects that disrupt the endocrine system. Laboratory studies have revealed that BPA causes developmental, reproductive and hormonal disorders on aquatic species. The damage caused by BPA in all species in the aquatic environment differs depending on the dose-response relationship (Canesi and Fabbri, 2015).

Acknowledgments

The authors would like to thank Isparta University of Applied Sciences for the support they had on their research career and for the legacy they passed on in terms of knowledge.

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.

10. References

- Akram, R., Iqbal, R., Hussain, R., Jabeen, F., & Ali, M. (2021). Evaluation of Oxidative stress, antioxidant enzymes and genotoxic potential of bisphenol A in fresh water bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fish at low concentrations. *Environmental pollution*, 268, 115896. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115896.
- Al-Sakran, A. A. M., Virk, P., Elobeid, M., Hamed, S. S., Siddiqui, M. I., Omer, S., & Mirghani, N. M. (2016). Histopathological effects on testis of adult male carp, *Cyprinus carpio carpio*, following exposure to graded concentrations of water-borne bisphenol A. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(1), 73-80. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i1.10>
- Ankley, G. T., Jensen, K. M., Kahl, M. D., Korte, J. J., & Makynen, E. A. (2001). Description and evaluation of a short-term reproduction test with the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 20(6), 1276-1290. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200616>
- Anonymous (1999a). US Environment Protection Agency, Category for persistent, bioaccumulative, and toxic new chemical substances. Fed Reg 64 (213):60194-60204- prescribing information; Retrieved November 24, 2021

- <https://www.epa.gov/reviewing-new-chemicalsunder-toxic-substances-control-act-tsca/policy-statement-newchemicals>.
- Anonymous (1999b). USEPA (US Environment Protection Agency)-TRI (Toxic Release Inventory) PBT Final Rule: Washington D.C., USAprescribing information; Retrieved June 6, 2021. <https://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program>.
- Anonymous (2010). Bisphenol A Action Plan, edited by US Environmental Protection Agency: Washington D.C., USAprescribing information; Retrieved January 12, 2022. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/bpa_action_plan.pdf.
- Anonymous (2020). Bisphenol A (BPA) Market-Growth, Trends, and Forecast (2020-2025), Report ID:4520075- prescribing information; Retrieved December 10, 2021]. <https://www.researchandmarkets.com/reports/4520075/bisphenol-abpa-market-growth-trends-and>.
- Belfroid, A., van Velzen, M., van der Horst, B., & Vethaak, D. (2002). Occurrence of bisphenol A in surface water and uptake in fish: evaluation of field measurements. *Chemosphere*, 49(1), 97-103. doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00157-1.
- Bhandari, R. K., Vom Saal, F. S., & Tillitt, D. E. (2015). Transgenerational effects from early developmental exposures to bisphenol A or 17 α -ethinylestradiol in medaka, *Oryzias latipes*. *Scientific Reports*, 5(1), 1-5. <https://doi.org/10.1038/srep09303>
- Bock, K. W. (2014). Homeostatic control of xeno-and endobiotics in the drug-metabolizing enzyme system. *Biochemical Pharmacology*, 90(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2014.04.009>
- Bolli, A., Bulzomi, P., Galluzzo, P., Acconcia, F., & Marino, M. (2010). Bisphenol A impairs estradiol-induced protective effects against DLD-1 colon cancer cell growth. *IUBMB life*, 62(9), 684-687. <https://doi.org/10.1002/iub.370>
- Borriukwisitsak, S., Keenan, H. E., & Gauchotte-Lindsay, C. (2012). Effects of salinity, pH and temperature on the octanol-water partition coefficient of bisphenol A. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(5), 460. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2012.v3.267>.
- Brugnera, M. F., Rajeshwar, K., Cardoso, J. C., & Zanoni, M. V. B. (2010). Bisphenol a removal from wastewater using self-organized TiO₂ nanotubular array electrodes. *Chemosphere*, 78(5), 569-575. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.10.058>.
- Burgos-Castillo, R. C., Sirés, I., Sillanpää, M., & Brillas, E. (2018). Application of electrochemical advanced oxidation to bisphenol A degradation in water. Effect of sulfate and chloride ions. *Chemosphere*, 194, 812-820. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.014>
- Calafat, A. M., Weuve, J., Ye, X., Jia, L. T., Hu, H., Ringer, S., Huttner, K., & Hauser, R. (2009). Exposure to bisphenol A and other phenols in neonatal intensive care unit premature infants. *Environmental Health Perspectives*, 117(4), 639-644. <https://doi.org/doi.org/10.1289/ehp.0800265>
- Canesi, L., & Fabbri, E. (2015). Environmental effects of BPA: focus on aquatic species. *Dose-Response*, 13(3), 1559325815598304. doi.org/10.1177/1559325815598304
- Chen, D., Kannan, K., Tan, H., Zheng, Z., Feng, Y.-L., Wu, Y., & Widelka, M. (2016). Bisphenol analogues other than BPA: environmental occurrence, human exposure, and toxicity a review. *Environmental Science & Technology*, 50(11), 5438-5453. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05387>
- Chen, J., Xiao, Y., Gai, Z., Li, R., Zhu, Z., Bai, C., Tanguay, R. L., Xu, X., Huang, C., & Dong, Q. (2015). Reproductive toxicity of low level bisphenol A exposures in a two-generation zebrafish assay: evidence of male-specific effects. *Aquatic Toxicology*, 169, 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.10.020>
- Chitra, K., & R. Sajitha. (2014). Effect of bisphenol-A on the antioxidant defense system and its impact on the activity of succinate dehydrogenase in the gill of freshwater fish, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Cell and Tissue Research*, 14(2), 4219.
- Chruściel, A., Kiedik, M., & Hreczuch, W. (2019). New method of running the bisphenol A synthesis process using the set of two-zone reactors. *Chemical Engineering Research and Design*, 141, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.10.027>
- Cousins, I. T., Staples, C. A., Klečka, G. M., & Mackay, D. (2002). A multimedia assessment of the environmental fate of bisphenol A. *Human and Ecological Risk Assessment*, 8(5), 1107-1135. <https://doi.org/10.1080/1080-700291905846>
- Crain, D. A., Eriksen, M., Iguchi, T., Jobling, S., Laufer, H., LeBlanc, G. A., & Guillette Jr., L. J. (2007). An ecological assessment of bisphenol-A: evidence from comparative biology. *Reproductive Toxicology*, 24(2), 225-239. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2007.05.008>
- Danzl, E., Sei, K., Soda, S., Ike, M., & Fujita, M. (2009). Biodegradation of bisphenol A, bisphenol F and bisphenol S in seawater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6(4), 1472-1484. doi.org/10.3390/ijerph6041472
- Das, R., Li, G., Mai, B., & An, T. (2018). Spore cells from BPA degrading bacteria *Bacillus* sp. GZB displaying high laccase activity and stability for BPA degradation. *Science of The Total Environment*, 640, 798-806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.379>.
- Deborde, M., Rabouan, S., Mazellier, P., Duguet, J.-P. & Legube, B. (2008). Oxidation of bisphenol A by ozone in aqueous solution. *Water Research*, 42(16), 4299-4308. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.07.015>
- Di Pietro, G., Magno, L. A. V. & Rios-Santos, F. (2010). Glutathione Stransferases: an overview in cancer research. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 6(2), 153-170. <https://doi.org/10.1517/17425250903427980>
- Diler, Ö., Özil, Ö., Nane, İ. D., Nazıroğlu, M., Minaz, M., Aslançoç, R., ... & Atsatan, K. (2022). The Effects of Bisphenol A on Oxidative Stress, Antioxidant Defence, Histopathological Alterations and Lysozyme Activity in Narrow-Clawed Crayfish (*Pontastacus leptodactylus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(10). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS19877>
- Dorn, P. B., Chou, C.-S. & Gentempo, J. J. (1987). Degradation of bisphenol A in natural waters. *Chemosphere*, 16(7), 1501-1507. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(87\)90090-7](https://doi.org/10.1016/0045-6535(87)90090-7)
- Efferth, T., & Paul, N. W. (2017). Threats to human health by great ocean garbage patches. *The Lancet Planetary Health*, 1(8), e301-e303. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30140-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30140-7)
- Elshaer, F., Khalaf-Allah, H., & Bakry, S. (2013). Histopathological alterations in gills of some poeciliid fishes after exposure to bisphenol A. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 5, 693-700. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2013.05.06.76203>
- Eltoukhy, A., Jia, Y., Nahurira, R., Abo-Kadoum, M., Khokhar, I., Wang, J., & Yan, Y. (2020). Biodegradation of endocrine disruptor Bisphenol A by *Pseudomonas putida* strain YC-AE1 isolated from polluted soil, Guangdong, China. *BMC Microbiology*, 20(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12866-020-1699-9>
- Faheem, M., Jahan, N., & Lone, K. (2016). Histopathological effects of bisphenol-A on liver, kidneys and gills of Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton, 1822). *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2), 514-522.
- Fang, Q., Shi, Q., Guo, Y., Hua, J., Wang, X., & Zhou, B. (2016). Enhanced bioconcentration of bisphenol A in the presence of nanoTiO₂ can lead to adverse reproductive outcomes in zebrafish. *Environmental Science & Technology*, 50(2), 1005-1013. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05024>.
- Fischer, J., Kappelmeyer, U., Kastner, M., Schauer, F., & Heipieper, H. J. (2010). The degradation of bisphenol A by the newly isolated bacterium *Cupriavidus basilensis* JF1 can be enhanced by biostimulation with phenol. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(4), 324-330. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.03.007>
- Fornier-Piquer, I., Beato, S., Piscitelli, F., Santangeli, S., Di Marzo, V., Habibi, H. R., Maradonna, F., & Carnevali, O. (2020). Effects of BPA on zebrafish gonads: Focus on the endocannabinoid system. *Environmental Pollution*, 264, 114710. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114710>
- Gao, C., Zeng, Y.-H., Li, C.-Y., Li, L., Cai, Z.-H., & Zhou, J. (2022). Bisphenol A biodegradation by *Sphingomonas* sp. YK5 is regulated by acyl-homoserine lactone signaling molecules. *Science of the Total Environment*, 802, 149898. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149898>
- Garg, A., Singhania, T., Singh, A., Sharma, S., Rani, S., Neogy, A., Yadav, S. R., Sangal, V. K., & Garg, N. (2019). Photocatalytic degradation of bisphenol-A using N, Co Codoped TiO₂ catalyst under solar light. *Scientific Reports*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38358-w>

- Goulet, R. R., Fortin, C., & Spry, D. J. (2011). Uranium. *Fish Physiology*, 31, 391-428
- Gray Jr, L., Ostby, J., Wilson, V., Lambright, C., Bobseine, K., Hartig, P., Hotchkiss, A., Wolf, C., Furr, J., & Price, M. (2002). Xenoendocrine disrupters-tiered screening and testing: filling key data gaps. *Toxicology*, 181, 371-382. [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(02\)00469-9](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(02)00469-9).
- Hatice, D., & Şişman, T. (2017). A histopathological study on the freshwater fish species chub (*Squalius cephalus*) in the Karasu River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 41(1), 1-11. <https://doi.org/doi.org/10.3906/zoo-1509-21>
- Hediger, M. A., Romero, M. F., Peng, J.-B., Rolfs, A., Takanao, H., & Bruford, E. A. (2004). The ABCs of solute carriers: physiological, pathological and therapeutic implications of human membrane transport proteins. *Pflügers Archiv*, 447(5), 465-468. <https://doi.org/10.1007/s00424-003-1192-y>.
- Him, N. R. N., Zainuddin, M. F., & Basha, A. Z. A. (2017). Fast biodegradation of toxic bisphenol a by *Pseudomonas aeruginosa* NR. 22 (Ps. NR. 22) isolated from Malaysian local lake. In *AIP Conference Proceedings*, 1901(1)-100019. AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/1.5010541>
- Idowu, G. A., David, T. L., & Idowu, A. M. (2022). Polycarbonate plastic monomer (bisphenol-A) as emerging contaminant in Nigeria: Levels in selected rivers, sediments, well waters and dumpsites. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113444. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113444>
- Iwano, H., Inoue, H., Nishikawa, M., Fujiki, J., & Yokota, H. (2018). Biotransformation of bisphenol a and its adverse effects on the next generation. *Endocrine Disruptors*, 63. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78275>
- Jia, Y., Eltoukhy, A., Wang, J., Li, X., Hlaing, T. S., Aung, M. M., Nwe, M. T., Lamraoui, I., & Y. Yan. (2020). Biodegradation of bisphenol A by *Sphingobium* sp. YC-JY1 and the essential role of cytochrome P450 monooxygenase. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10), 3588. <https://doi.org/10.3390/ijms21103588>
- Kamaraj, M., Rajeshwari, S., & Aravind, J. (2018). Isolation of *Virgibacillus* sp. strain KU4 from agricultural soil as a potential degrader of endocrine disruptor bisphenol-A. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(12), 2545-2550. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1398-8>
- Kamaraj, M., Sivaraj, R. & Venkatesh, R. (2014). Biodegradation of Bisphenol A by the tolerant bacterial species isolated from coastal regions of Chennai, Tamil Nadu, India. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 93, 216-222. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.02.014>
- Kang, J.-H., Aasi, D., & Katayama, Y. (2007). Bisphenol A in the aquatic environment and its endocrine-disruptive effects on aquatic organisms. *Critical Reviews in Toxicology*, 37(7), 607-625. <https://doi.org/10.1080/10408440701493103>.
- Kang, J.-H., Katayama, Y., & Kondo, F. (2006). Biodegradation or metabolism of bisphenol A: from microorganisms to mammals. *Toxicology*, 217(2-3), 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.10.001>.
- Kang, J.-H., & Kondo, F. (2002). Bisphenol A degradation by bacteria isolated from river water. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(3), 0265-0269. <https://doi.org/10.1007/s00244-002-1209-0>
- Kang, J., & Kondo, F. (2005). BPA degradation in river water is different from that in seawater. *Chemosphere*, 60, 1288-1292. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.058>.
- Kang, J. H., Ri, N., & Kondo, F. (2004). *Streptomyces* sp. strain isolated from river water has high bisphenol A degradability. *Letters in Applied Microbiology*, 39(2), 178-180. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01562.x>.
- Karlsson, L. (1983). Gill morphology in the zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan). *Journal of Fish Biology*, 23(5), 511-524.
- Kinney, C. A., Furlong, E. T., Zaugg, S. D., Burkhardt, M. R., Werner, S. L., Cahill, J. D. & Jorgensen, G. R. (2006). Survey of organic wastewater contaminants in biosolids destined for land application. *Environmental Science & Technology*, 40(23), 7207-7215. <https://doi.org/doi.org/10.1021/es0603406>.
- Klečka, G. M., Gonsior, S. J., West, R. J., Goodwin, P. A., & Markham, D. A. (2001). Biodegradation of bisphenol a in aquatic environments: River die-away. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 20(12), 2725-2735.
- Kloas, W., Urbatzka, R., Opitz, R., Würtz, S., Behrends, T., Hermelink, B., Hofmann, F., Jagnytsch, O., Kroupova, H., & Lorenz, C. (2009). Endocrine disruption in aquatic vertebrates. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1163(1), 187-200. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04453.x>
- Knaak, J. B., & Sullivan, L. J. (1966). Metabolism of bisphenol A in the rat. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 8(2), 175-184. [https://doi.org/10.1016/s0041-008x\(66\)80001-7](https://doi.org/10.1016/s0041-008x(66)80001-7).
- Kolvenbach, B., Schlaich, N., Raoui, Z., Prell, J., Zuhlke, S., Schaffer, A., Guengerich, F., & Corvini, P. (2007). Degradation pathway of bisphenol A: does ipso substitution apply to phenols containing a quaternary α -carbon structure in the para position?. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(15), 4776-4784. <https://doi.org/10.1128/aem.00329-07>
- Kong, X., Li, J., Yang, C., Tang, Q., & Wang, D. (2020). Fabrication of Fe₂O₃/g-C₃N₄@ N-TiO₂ photocatalyst nanotube arrays that promote bisphenol A photodegradation under simulated sunlight irradiation. *Separation and Purification Technology*, 248, 116924. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116924>
- Konieczna, A., Rutkowska, A., & Rachon, D. (2015). Health risk of exposure to Bisphenol A (BPA). *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 66(1).
- Kučić Grgić, D., Kovačević, A., Lovrinčić, E., Ocelić Bulatović, V., & Vuković Domanovac, M. (2019). Biodegradation of bisphenol A in the environment. *Hrvatske Vode*, 27(107),1-6.
- Li, F., Yao, L., Sun, W., Jiang, Y., Li, Z., & Zhai, Y. (2017). Histopathological liver and testis alterations in male half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) exposed to endocrine disruptors. *Journal of Coastal Research*, 33(3), 678-683. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-15-00244.1>
- Li, J., Hu, A., Lv, M., & Yu, C.-P. (2021). *Croceicoccus bisphenolivorans* sp. nov., a bisphenol A-degrading bacterium isolated from seawater. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 71(2), 004658. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004658>.
- Liguori, F., Moreno-Marrodan, C., & Barbaro, P. (2020). Biomass-derived chemical substitutes for bisphenol A: recent advancements in catalytic synthesis. *Chemical Society Reviews*, 49(17), 6329-6363. <https://doi.org/10.1039/d0cs00179a>
- Lindholst, C., Pedersen, S. N., & Bjerregaard, P. (2001). Uptake, metabolism and excretion of bisphenol A in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*, 55(1-2), 75-84. [doi.org/10.1016/s0166-445x\(01\)00157-6](https://doi.org/10.1016/s0166-445x(01)00157-6)
- Lindholst, C., Wynne, P., Marriott, P., Pedersen, S., & Bjerregaard, P. (2003). Metabolism of bisphenol A in zebrafish (*Danio rerio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to estrogenic response. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 135(2), 169-177. [https://doi.org/10.1016/s1532-0456\(03\)00088-7](https://doi.org/10.1016/s1532-0456(03)00088-7)
- Lu, N., Lu, Y., Liu, F., Zhao, K., Yuan, X., Zhao, Y., ... & Zhu, J. (2013). H₃PW12O₄₀/TiO₂ catalyst-induced photodegradation of bisphenol A (BPA): kinetics, toxicity and degradation pathways. *Chemosphere*, 91(9), 1266-1272. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.02.023>
- Luo, L., Zhang, Q., Kong, X., Huang, H., & Ke, C. (2017). Differential effects of bisphenol A toxicity on oyster (*Crassostrea angulata*) gonads as revealed by label-free quantitative proteomics. *Chemosphere*, 176, 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.146>
- MacKenzie, P. I., Gregory, P. A., Gardner-Stephen, D. A., Lewinsky, R. H., Jorgensen, B. R., Nishiyama, T., ..., & Radomska-Pandya, A. (2003). Regulation of UDP glucuronosyltransferase genes. *Current Drug Metabolism*, 4(3), 249-257. <https://doi.org/10.2174/1389200033489442>
- Mackenzie, P. I., Owens, I. S., Burchell, B., Bock, K. W., Bairoch, A., Belanger, A., ..., & Nebert, D. W. (1997). The UDP glycosyltransferase gene superfamily: recommended nomenclature update based on evolutionary divergence. *Pharmacogenetics*, 7(4), 255-269. <https://doi.org/10.1097/00008571-199708000-00001>
- Manzetti, S., van der Spoel, E. R., & van der Spoel, D. (2014). Chemical properties, environmental fate, and degradation of seven classes of pollutants. *Chemical research in toxicology*, 27(5), 713-737. <https://doi.org/10.1021/tx500014w>.

- Matsumura, Y., Hosokawa, C., Sasaki-Mori, M., Akahira, A., Fukunaga, K., Ikeuchi, T., ..., & Tsuchido, T. (2009). Isolation and characterization of novel bisphenol-A-degrading bacteria from soils. *Biocontrol Science*, 14(4), 161-169. <https://doi.org/10.4265/bio.14.161>
- Melcer, H., & Klečka, G. (2011). Treatment of wastewaters containing bisphenol A: state of the science review. *Water Environment Research*, 83(7), 650-666.
- Mihaich, E. M., Friederich, U., Caspers, N., Hall, A. T., Klecka, G. M., Dimond, S. S., ..., & Hentges, S. G. (2009). Acute and chronic toxicity testing of bisphenol A with aquatic invertebrates and plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(5), 1392-1399. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.02.005>
- Minaz, M., Er, A., Ak, K., Nane, İ. D., Ipek, Z. Z., Kurtoglu, İ. Z., & Kayis, Ş. (2022a). Short-term Exposure to Bisphenol A (BPA) as a Plastic Precursor: Hematological and Behavioral Effects on *Oncorhynchus mykiss* and *Vimba vimba*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05585-x>
- Minaz, M., Er, A., Ak, K., Nane, İ. D., Ipek, Z. Z., Yalcin, A., ... & Kayis, S. (2022b). Investigation of long-term bisphenol A exposure on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Hematological parameters, biochemical indicator, antioxidant activity, and histopathological examination. *Chemosphere*, 135136. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135136>
- Molina, A. M., Abril, N., Morales-Prieto, N., Monterde, J. G., Lora, A. J., Ayala, N., & Moyano, R. (2018). Evaluation of toxicological endpoints in female zebrafish after bisphenol A exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 112, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.12.026>
- Mukherjee, U., Samanta, A., Biswas, S., Das, S., Ghosh, S., Mandal, D. K., & Maitra, S. (2020). Bisphenol A-induced oxidative stress, hepatotoxicity and altered estrogen receptor expression in *Labeo bata*: impact on metabolic homeostasis and inflammatory response. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202, 110944. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110944>
- Namat, A., Xia, W., Xiong, C., Xu, S., Wu, C., Wang, A., ... & Li, J. (2021). Association of BPA exposure during pregnancy with risk of preterm birth and changes in gestational age: A meta-analysis and systematic review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220, 112400. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112400>
- Nane, İ. D., Görmez, Ö., Minaz, M., Naziroğlu, M., Diler, Ö., & Özmen, Ö. (2021). Japon Balığı (*Carassius auratus*) Gonad ve Viseral Organları Üzerine Bisfenol S'nin Toksik Etkileri. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 129-135. doi.org/10.22392/actaqua.767061
- Nazeer, R. A., Kumar, N. S., & Ganesh, R. J. (2012). In vitro and in vivo studies on the antioxidant activity of fish peptide isolated from the croaker (*Otolithes ruber*) muscle protein hydrolysate. *Peptides*, 35(2), 261-268. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.03.028>
- Neamtu, M., & Frimmel, F. H. (2006). Degradation of endocrine disrupting bisphenol A by 254 nm irradiation in different water matrices and effect on yeast cells. *Water Research*, 40(20), 3745-3750. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.019>
- Nelson, D. R., Kamataki, T., Waxman, D. J., Guengerich, F. P., Estabrook, R. W., Feyereisen, R., ... & Nebert, D. W. (1993). The P450 superfamily: update on new sequences, gene mapping, accession numbers, early trivial names of enzymes, and nomenclature. *DNA and Cell Biology*, 12(1), 1-51. <https://doi.org/10.1089/dna.1993.12.1>
- Noszczyńska, M., Chodór, M., Jałowicki, Ł., & Piotrowska-Seget, Z. (2021). A comprehensive study on bisphenol A degradation by newly isolated strains *Acinetobacter* sp. K1MN and *Pseudomonas* sp. BG12. *Biodegradation*, 32(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10532-020-09919-6>
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsh, O., Lutz, I., Kusk, K. O., ..., & Tyler, C. R. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2047-2062. doi.org/10.1098/rstb.2008.0242
- Oshiman, K. I., Tsutsumi, Y., Nishida, T., & Matsumura, Y. (2007). Isolation and characterization of a novel bacterium, *Sphingomonas bisphenolicum* strain AO1, that degrades bisphenol A. *Biodegradation*, 18(2), 247-255. <https://doi.org/10.1007/s10532-006-9059-5>
- Parkinson, G. (2001). New catalyst improves bisphenol-A production. *Chemical Engineering*, 108(10), 23-23.
- Parrott, J. L., & Wood, C. S. (2002). Fathead minnow lifecycle tests for detection of endocrine-disrupting substances in effluents. *Water Quality Research Journal*, 37(3), 651-667. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2002.043>
- Pathiraja, K., & Rajapaksa, G. (2019). Impact of early-life exposure to bisphenol a on survival and histopathology of liver and kidney of zebrafish (*Danio rerio*). In *Proceedings of International Forestry and Environment Symposium*. <https://doi.org/10.31357/fesympo.v24i0.4266>
- Roh, H., Subramanya, N., Zhao, F., Yu, C. P., Sandt, J., & Chu, K. H. (2009). Biodegradation potential of wastewater micropollutants by ammonia-oxidizing bacteria. *Chemosphere*, 77(8), 1084-1089. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.08.049>
- Saiyood, S., Vangnai, A. S., Thiravetyan, P., & Inthorn, D. (2010). Bisphenol A removal by the *Dracaena* plant and the role of plant-associated bacteria. *Journal of Hazardous Materials*, 178(1-3), 777-785. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.02.008>
- Sajiki, J., & Yonekubo, J. (2002). Degradation of bisphenol-A (BPA) in the presence of reactive oxygen species and its acceleration by lipids and sodium chloride. *Chemosphere*, 46(2), 345-354. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(01\)00093-5](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(01)00093-5)
- Sajiki, J., & Yonekubo, J. (2003). Leaching of bisphenol A (BPA) to seawater from polycarbonate plastic and its degradation by reactive oxygen species. *Chemosphere*, 51(1), 55-62. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(02\)00789-0](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00789-0)
- Sakai, K., Yamanaka, H., Moriyoshi, K., Ohmoto, T., & Ohe, T. (2007). Biodegradation of bisphenol A and related compounds by *Sphingomonas* sp. strain BP-7 isolated from seawater. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 0612070212. <https://doi.org/10.1271/bbb.60351>
- Santangeli, S., Maradonna, F., Gioacchini, G., Cobellis, G., Piccinetti, C. C., Dalla Valle, L., & Carnevali, O. (2016). BPA-induced deregulation of epigenetic patterns: effects on female zebrafish reproduction. *Scientific Reports*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep21982>
- Sidhu, S., Gullett, B., Striebich, R., Klosterman, J., Contreras, J., & DeVito, M. (2005). Endocrine disrupting chemical emissions from combustion sources: diesel particulate emissions and domestic waste open burn emissions. *Atmospheric Environment*, 39(5), 801-811. Snyder, M. J. (2000). Cytochrome P450 enzymes in aquatic invertebrates: recent advances and future directions. *Aquatic Toxicology*, 48(4), 529-547. [https://doi.org/10.1016/s0166-445x\(00\)00085-0](https://doi.org/10.1016/s0166-445x(00)00085-0)
- Snyder, M. J. (2000). Cytochrome P450 enzymes in aquatic invertebrates: recent advances and future directions. *Aquatic Toxicology*, 48(4), 529-547. [https://doi.org/10.1016/s0166-445x\(00\)00085-0](https://doi.org/10.1016/s0166-445x(00)00085-0)
- Song, W., Lu, H., Wu, K., Zhang, Z., Lau, E. S. W., & Ge, W. (2020). Genetic evidence for estrogenicity of bisphenol A in zebrafish gonadal differentiation and its signalling mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 386, 121886. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121886>
- Spivack, J., Leib, T. K., & Lobos, J. H. (1994). Novel pathway for bacterial metabolism of bisphenol A. Rearrangements and stilbene cleavage in bisphenol A metabolism. *Journal of Biological Chemistry*, 269(10), 7323-7329. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(17\)37287-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(17)37287-3)
- Staples, C. A., Woodburn, K. B., Klecka, G. M., Mihaich, E. M., Hall, A. T., Ortego, L., ... & Hentges, S. G. (2008). Comparison of four species sensitivity distribution methods to calculate predicted no effect concentrations for bisphenol A. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14(3), 455-478. <https://doi.org/10.1080/10807030802074170>
- Staples, C. A., Dome, P. B., Klecka, G. M., Oblock, S. T., & Harris, L. R. (1998). A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol A. *Chemosphere*, 36(10), 2149-2173. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(97\)10133-3](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(97)10133-3)
- Staples, C. A., Woodburn, K., Caspers, N., Hall, A. T., & Klečka, G. M. (2002). A weight of evidence approach to the aquatic hazard assessment of bisphenol A. *Human and Ecological Risk*

- Assessment*, 8(5), 1083-1105. <https://doi.org/10.1080/1080-700291905837>
- Susiarjo, M., Hassold, T. J., Freeman, E., & Hunt, P. A. (2007). Bisphenol A exposure in utero disrupts early oogenesis in the mouse. *PLoS Genetics*, 3(1), e5. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030005>
- Suyamud, B., Inthorn, D., Panyapinyopol, B., & Thiravetyan, P. (2018). Biodegradation of bisphenol A by a newly isolated *Bacillus megaterium* strain ISO-2 from a polycarbonate industrial wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(11), 1-12.
- Tong, T., Li, R., Chen, J., Ke, Y., & Xie, S. (2021). Bisphenol A biodegradation differs between mudflat and mangrove forest sediments. *Chemosphere*, 270, 128664. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128664>
- Uğuz, C., İscan, M., & Togan, İ. (2009). Alkylphenols in the environment and their adverse effects on living organisms. *Kocatepe Veterinary Journal*, 2(1), 49-58.
- Umar, M., Roddick, F., Fan, L., & Aziz, H. A. (2013). Application of ozone for the removal of bisphenol A from water and wastewater—a review. *Chemosphere*, 90(8), 2197-2207. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.090>
- Van den Berg, M., Sanderson, T., Kurihara, N., & Katayama, A. (2003). Role of metabolism in the endocrine-disrupting effects of chemicals in aquatic and terrestrial systems. *Pure and Applied Chemistry*, 75(11-12), 1917-1932. <https://doi.org/10.1351/pac200375111917>
- Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57-149. [https://doi.org/10.1016/s1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/s1382-6689(02)00126-6)
- Vasu, G., Sujatha, L. B., & Manju Bashini, J. (2019). Histological changes in tilapia exposed to bisphenol A (BPA) compound. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 4(4), 267-282.
- Vom Saal, F. S., Akingbemi, B. T., Belcher, S. M., Birnbaum, L. S., Crain, D. A., Eriksen, M., ... & Zoeller, R. T. (2007). Chapel Hill bisphenol A expert panel consensus statement: integration of mechanisms, effects in animals and potential to impact human health at current levels of exposure. *Reproductive Toxicology*, 24(2), 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2007.07.005>
- Vom Saal, F. S., & Myers, J. P. (2008). Bisphenol A and risk of metabolic disorders. *Jama*, 300(11), 1353-1355. <https://doi.org/10.1001/jama.300.11.1353>
- Wang, H., Liu, Z. H., Tang, Z., Zhang, J., Yin, H., Dang, Z., ... & Liu, Y. (2020). Bisphenol analogues in Chinese bottled water: quantification and potential risk analysis. *Science of the Total Environment*, 713, 136583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136583>
- Wang, W. K., Zhu, W., Mao, L., Zhang, J., Zhou, Z., & Zhao, G. (2019). Two-dimensional TiO₂-g-C₃N₄ with both TiN and CO bridges with excellent conductivity for synergistic photoelectrocatalytic degradation of bisphenol A. *Journal of Colloid and Interface Science*, 557, 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.08.088>
- Wang, Z., Liu, H., & Liu, S. (2017). Low-dose bisphenol A exposure: A seemingly instigating carcinogenic effect on breast cancer. *Advanced Science*, 4(2), 1600248. <https://doi.org/10.1002/adv.201600248>
- Wirasnita, R., Hadibarata, T., Yusoff, A. R. M., & Yusop, Z. (2014). Removal of bisphenol A from aqueous solution by activated carbon derived from oil palm empty fruit bunch. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(10), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2148-x>
- Xiong, J., An, T., & Li, G. (2017). Accelerated biodegradation of BPA in water-sediment microcosms with *Bacillus* sp. GZB and the associated bacterial community structure. *Chemosphere*, 184, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.163>
- Yamanaka, H., Moriyoshi, K., Ohmoto, T., Ohe, T., & Sakai, K. (2008). Efficient microbial degradation of bisphenol A in the presence of activated carbon. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 105(2), 157-160. <https://doi.org/10.1263/jbb.105.157>
- Zhang, C., Zeng, G., Yuan, L., Yu, J., Li, J., Huang, G., ... & Liu, H. (2007). Aerobic degradation of bisphenol A by *Achromobacter xylosoxidans* strain B-16 isolated from compost leachate of municipal solid waste. *Chemosphere*, 68(1), 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.12.012>
- Zhang, H., Zhang, Y., Li, J., & Yang, M. (2019). Occurrence and exposure assessment of bisphenol analogues in source water and drinking water in China. *Science of the Total Environment*, 655, 607-613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.053>
- Zhang, W., Yin, K., & Chen, L. (2013). Bacteria-mediated bisphenol A degradation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(13), 5681-5689. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-4949-9>
- Zühlke, M. K., Schlüter, R., Mikolasch, A., Zühlke, D., Giersberg, M., Schindler, H., ... & Schauer, F. (2017). Biotransformation and reduction of estrogenicity of bisphenol A by the biphenyl-degrading *Cupriavidus basilensis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(9), 3743-3758. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8061-Z>