



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 39

Sayı/Issue: 2

Haziran/June: 2024



e-ISSN: 1308-8769

<http://dergipark.gov.tr/omuanaj>

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ
DERGİSİ**

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



e-ISSN: 1308-8769

Volume/Cilt: 39 Issue/Sayı: 2

Haziran / June 2024

Samsun

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Şubat, Haziran ve Ekim aylarında olmak üzere yılda üç sayı olarak yayınlanır. DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, FAO AGRIS/CARIS, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index ve TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin (Yaşam Bilimleri Veri Tabanı, 1998-) tarafından taranmaktadır.

Anadolu Journal of Agricultural Sciences (ANAJAS) is published as three issues (February, June and October) per a year. ANAJAS is indexed and abstracted in DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, FAO AGRIS/CARIS, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index and TUBITAK-ULAKBİM TR Index (Life Science Data Base, 1998-).

Amaç ve Kapsam

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Tarımsal alanlarda yürütülen çalışmalardan üretilen orijinal makaleleri yayınlamaktadır. Ayrıca, güncel konulardaki davetli derlemelere de yer verilmektedir. Basım dili Türkçe ve İngilizcedir.

Aim and Scope

Anadolu Journal of Agricultural Sciences is a forum for presenting articles on basic and applied research, thus making new findings, methods and techniques easily accessible and applicable in practice. It publishes original papers on research in the fields of agriculture. Invited reviews on popular topics are published. Articles are published in Turkish and English.

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 55139 Atakum/Samsun

Tel: 0 (362) 312 19 19 **Fax:** : 0 (362) 457 60 34

e-mail: zfyayin@omu.edu.tr **web:** <https://dergipark.org.tr/pub/omuanajas>

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Cilt: 39 Sayı: 2

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Adına Sahibi /

Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University

Prof. Dr. Yavuz ÜNAL

Rektör / Rector

Baş Editör / Chief Editor

Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Editörler / Editors

Doç. Dr. Hasan AKAY

Dr. Öğrt. Üyesi Uğur BAŞER

Prof. Dr. Deniz EKİNCİ

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Doç. Dr. Alper TANER

Doç. Dr. Aydın ALTOP

Dr. Attila SALAMON

Dr. Öğrt. Üyesi Mehmet TÜTÜNCÜ

Dr. Alfadhl Yahya KHALED

Dr. Maria DATTENA

Dr. Dinu GAVOJDIAN

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

e-ISSN: 1308-8769

2024 Volume: 39 Issue: 2

İstatistik Editörü / Statistic Editor

Doç. Dr. Hasan Samet ABACI

Mizanpaj/Layout

OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

Mizanpaj Editörleri / Layout Editors

Kismet AYDIN

Özlem TEKİNER

Gülbeyaz BOZKURT

Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date

Samsun, Haziran / June 2024

YAYIN DANIŖMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ
Atatürk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Canan CAN
Gaziantep Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Abidin TEMİZER
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Türkiye

Doç. Dr. David HERAK
Czech University of Life Sciences/Czech Republic

Doç. Dr. Murat ÇANKAYA
Erzincan Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Fikretin ŖAHİN
Yeditepe Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ŖAHİN
Ahi Evran Üniversitesi/KırŖehir

Prof. Dr. Süleyman KODAL
Ankara Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Murat ŖENTRK
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Nebahat SARI
Çukurova Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Sedat SERÇE
Niğde Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Selçuk Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Hsin CHI
National Chung Hsing University, Taiwan/Republic
of China

Prof. Dr. Jozsef RATKY
Res. Inst. for Animal Breeding and Nutrition/Hungary

Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD
University of Aarhus/Denmark

Prof. Dr. Claudiu T. SUPURAN
Univ Florence/Italy

Assit. Prof. Dr. Marketa MIHALİKOVA
Czech University of Life Sciences/Czech Republic)

Prof. Dr. nal KIZIL
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Türkiye

Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN
Bingl Üniversitesi/Türkiye

Doç. Dr. Ŗenay ŖİMŖEK
North Dakota State University/USA

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi/Research Article

Korkuteli Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Çileklerin Verim ve Kalitesi Üzerine Değişik Çeşit ve Yetiştirme Sistemlerinin Etkileri 221-238

The Effects of Different Cultivars and Growing Systems on Yield and Quality of Strawberries Grown in Korkuteli Ecological Conditions

Fehmi TEKİN, Nafiye ÜNAL

Solid-state Fermentation of Wheat Bran by *Aspergillus niger* Strains: Effect on the Nutritional Composition and *In vitro* Digestibility 239-246

*Buğday Kepeğinin *Aspergillus niger* Suşları ile Katı Faz Fermantasyonu: Besin Madde Kompozisyonu ve *In vitro* Sindirilebilirliği Üzerine Etkisi*

Aydın ALTOP, Emrah GÜNGÖR, Şevket ÖZLÜ, Güray ERENER

Effect of Drought Stress on Yield and Some Morphological Characteristics in Wheat 247-267

Kuraklık Stresinin Buğdayda Verim ve Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi

Rohat GÜLTEKİN, Tuğba YETER, Ceren GÖRGİŞEN

Samsun İli Koyun İşletmelerinde Üreme Performansı ve Et Üretim Potansiyeli 269-289

Reproductive Performance and Meat Production Potential in Sheep Farms in Samsun Province

Mehmet Ali GÜNTAY, Mehmet Akif ÇAM

Derim Sonrası Oksin, 1-Metilsiklopropen ve 1-N-Naftilfitalamik Asit Uygulamalarının 'Golden Delicious' Elma Çeşidinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi 291-310

The Effect of Auxin, 1-Methylcyclopropene and 1-N-Naphthylphthalamic Acid Treatments on Fruit Quality in 'Golden Delicious' Apple Variety During Storage

Damla Nur TEKKANAT, Mehmet Ali KOYUNCU

Van Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Elma Ağaçları için Teorik Bitki Su Tüketimine Dayalı Sulama Programının Oluşturulması 311-332

Irrigation Scheduling Based on Theoretical Crop Water Consumption for Apple Trees Irrigated With Drip Irrigation Method in Van Conditions

Selçuk USTA

The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Food Security: A Global Perspective 333-349

İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerinin Gıda Güvencesi Üzerindeki Etkisi: Küresel Bir Bakış Açısı

Nur AFİANİ, Mehmet BOZOĞLU

The Effect of Different Orchard Ground Conditions on the Performance of a Mechanical Hazelnut Harvesting Machine 351-363

Farklı Bahçe Zemini Koşullarının Mekanik Etkili Fındık Toplama Makinasının Performansı Üzerine Etkisi

Hüseyin SAUK, Mehmet Arif BEYHAN

Development of Rule-Based Expert System for Variable Cost and Gross Profit Calculations of Agricultural Products: A Case Study 365-379

Tarım Ürünlerinde Maliyet ve Brüt Kar Hesaplamalarına Yönelik Kural Tabanlı Uzman Sistemin Geliştirilmesi: Bir Vaka Çalışması

Oğuz ŞAHİN, Fatih TOPALOĞLU

Farklı Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikrobiyal Karışımın Anadolu Kestanesinde (*Castanea sativa* Mill.) Fidan Kalitesi Üzerine Etkileri ... 381-400

*Effects of Microbial Mixture Applied to Different Growing Media on Seedling Quality in Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.)*

Yasemin ZENGİN, Aysun PEKŞEN, Asuman İlkey KARGIDAN, Özge DENLİ, Hülya TURNA

Exploring Catalase Activity as A Biological Indicator in Degraded Soils .. 401-417

Degrade Topraklarda Katalaz Aktivitesinin Biyolojik Bir Gösterge Olarak Araştırılması

Fevziye Şüheda HEPŞEN TÜRKAY, Murat DURMUŞ, Tuğrul YAKUPOĞLU

Seed and Germination Characteristics of Different Hybrids Belonging to *Vitis* Species..... 419-439

Vitis Türlerine Ait Farklı Hibritlerin Tohum Ve Çimlenme Özellikleri

Bülent KÖSE ,Yahya URAY, Kevser BAYRAM, Fatma TÜRK



Korkuteli Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Çileklerin Verim ve Kalitesi Üzerine Değişik Çeşit ve Yetiştirme Sistemlerinin Etkileri

The Effects of Different Cultivars and Growing
Systems on Yield and Quality of Strawberries
Grown in Korkuteli Ecological Conditions

Fehmi TEKİN¹, Nafiye ÜNAL²

¹Korkuteli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Antalya
· fehmitekinn@gmail.com · ORCID > 0000-0002-8011-0212

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya
· nafiye@akdeniz.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0853-6972

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 09 Mart/March 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 23 Kasım/November 2023

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 221-238

Atıf/Cite as: Tekin, F., Ünal, N. "Korkuteli Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Çileklerin Verim ve Kalitesi Üzerine Değişik Çeşit ve Yetiştirme Sistemlerinin Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 221-238.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fehmi TEKİN

KORKUTELİ EKOLOJİK KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ÇİLEKLERİN VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE DEĞİŞİK ÇEŞİT VE YETİŞTİRME SİSTEMLERİNİN ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada, Antalya'nın Korkuteli ilçesinde yetiştirilen çileklerin verim ve kalitesi üzerine değişik çeşit ve yetiştirme sistemlerinin etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, 2019-2021 yılları arasında yürütülen araştırmada, çeşit olarak Albion, San Andreas ve Portola gün nötr çilek çeşitleri, yetiştirme teknikleri olarak ise açık ve örtüaltı yetiştiricilik sistemleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, denenen her iki yılda da, ilk çiçeklenme ve ilk derim zamanı örtüaltı yetiştiriciliğinde, açıkta yetiştiricilikten daha erken olmuştur. Nitekim ilk çiçeklenme tarihi, örtüaltı yetiştiriciliğinde her iki deneme yılında da, mart ayı sonunda gerçekleşirken, ilk derim tarihi, ilk deneme yılında mayıs ayı sonu, ikinci deneme yılında ise aynı ayın başında gerçekleşmiştir. Bitkilerde belirlenen morfo-fizyolojik özellikler bakımından San Andreas ve Albion çeşitleri üstün özellikler göstermiştir. Denemede yetiştirme sistemleri, meyvelerde pomolojik özellikleri etkilemezken, çeşitler arasında farklılıklar belirlenmiştir. Nitekim meyve ağırlığı bakımından Albion (birinci yıl 12.74 g, ikinci yıl 11.84 g) ve San Andreas (birinci yıl 14.50 g, ikinci yıl 12.23 g) çeşitleri ön plana çıkmıştır. Bitki başına düşen en yüksek verim, her iki deneme yılında da San Andreas çeşidinde saptanmış olup (birinci yıl 415.08 g bitki⁻¹, ikinci yıl 485.91 g bitki⁻¹), bunu Albion çeşidi (birinci yıl 249.80 g bitki⁻¹, ikinci yıl 433.27 g bitki⁻¹) izlemiştir. Portola çeşidinden ise, her iki deneme yılında da en düşük verimler (birinci yıl 77.54 g bitki⁻¹, ikinci yıl 148.20 g bitki⁻¹) kaydedilmiştir. Meyvelerde biyokimyasal özellikler incelendiğinde, yetiştirme tekniklerinin, askorbik asit, toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin içeriklerini etkilemediği tespit edilmiştir. San Andreas ve Albion çeşitleri askorbik asit (67.11 ve 65.96 mg askorbik asit 100 ml⁻¹) ve toplam fenolik madde içerikleri (280.75 ve 318.21 mg GAE 100 ml⁻¹) bakımından ön plana çıkmıştır.

Araştırma bulgularımız, Antalya'nın yayla bölgesi olan Korkuteli ekolojik koşullarında örtüaltı çilek yetiştiriciliğinin mümkün olduğunu, örtüaltı ve açıkta yapılacak yetiştiricilikte uygun çeşit seçimi ile yaz ve sonbahar üretiminin gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Çeşit bakımından, Albion ve San Andreas çeşitlerinin gerek açıkta ve gerekse örtüaltında üstün performans gösterdikleri dikkati çekmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Örtüaltı Yetiştiricilik, Sonbahar-Yaz Üretimi, Yayla Bölgesi.



THE EFFECTS OF DIFFERENT CULTIVARS AND GROWING SYSTEMS ON YIELD AND QUALITY OF STRAWBERRIES GROWN IN KORKUTELİ ECOLOGICAL CONDITIONS

ABSTRACT

In this research, the effects of different growing systems and strawberry cultivars on yield and quality of strawberries grown in Korkuteli-Antalya were investigated. For this aim, in this research conducted between 2019-2021, Albion, San Andreas and Portola strawberry cultivars were trial materials, and open air and protected cultivation systems were used as growing techniques. As a result of the research, the first flowering and first harvest time were determined earlier in protected growing systems than open air system in both trial years. As a matter of fact that, while the first flowering time under protected growing determined in the end of the March in both trial years, the first harvest time indicated the end of the May in the first trial year and determined the end of the same month in the second trial year. San Andreas and Albion strawberry cultivars showed superior features in terms of morpho-physiological characteristics determined in plants. In the experiment, while the growing systems did not affect the pomological features of fruits however differences were determined between cultivars. As a matter of fact that, Albion (first year 12.74 g, second year 11.84 g) and San Andreas (first year 14.50 g, second year 12.23 g) strawberry cultivars were indicated outstanding quality in terms of fruit weight. The highest yield per plant were determined in San Andreas strawberry cultivar (first year 415.08 g plant⁻¹, second year 485.91 g plant⁻¹) and followed by Albion strawberry cultivar (first year 249.80 g plant⁻¹, second year 433.27 g plant⁻¹) in both years. In addition, the lowest yield per plant were indicated Portola strawberry cultivar (first year 77.54 g plant⁻¹, second year 148.20 g plant⁻¹). In terms of fruit biochemical features, the growing systems did not effect on ascorbic acid, the total phenolic content, or the total anthocyanin content. San Andreas and Albion strawberry cultivars were outstanding in terms of the ascorbic acid (67.11 and 65.96 mg ascorbic acid 100 ml⁻¹), and the total phenolic content (280.75 and 318.21 mg GAE 100 ml⁻¹).

Our research findings showed that protected strawberry growing is possible in Korkuteli ecological conditions. In addition, the summer and autumn production can be provided with suitable cultivar selection both in open air and protected growing under the ecological conditions of Korkuteli, which is the highland region of Antalya. In terms of cultivars, Albion and San Andreas were observed superior performance in both open air and protected growing systems.

Keywords: Strawberry, Protected Growing, Autumn-Summer Production, Highland Area.



1. GİRİŞ

Çilek gerek dünyada ve gerekse ülkemizde en fazla yetiştirilen üzümü meyve türüdür. Ülkemizde 2022 yılı TÜİK raporlarına göre Türkiye çilek üretimi, toplam meyve üretim miktarının %2.7'sini oluştururken, üretim miktarı her geçen gün artış göstermektedir. 2021 yılından 2022 yılına kadar çilek üretim miktarında %8.8 değişim gerçekleşmiş, 2021 yılında 669.195 ton olan toplam çilek üretimi, 2022 yılında 728.112 tona yükselmiştir (TÜİK, 2022). Çilek yetiştiriciliğinde başarıyı etkileyen en önemli unsur üretim planlamasıdır. Ekolojilere göre uygun çeşit ve yetiştirme sistemi seçimi ile kültürel faaliyetlerin doğru ve zamanında yapılması, doğru üretim planlamasının ilk basamağını oluşturmaktadır. Nitekim geniş ekolojik şartlara adaptasyon kabiliyetine sahip çilek bitkisinde çeşit seçimi önem arz etmektedir.

Çilek yetiştiriciliğinde çeşit seçiminde, bitkinin gün uzunluğu istekleri dikkate alınmaktadır. Çilek çeşitleri ışık isteklere göre uzun gün, kısa gün ve gün nötr çilekler olarak sınıflandırılmaktadır (Hancock, 1999; Demirsoy ve ark., 2012). Ticari çilek yetiştiriciliğinde ise kısa gün ve gün nötr çilek çeşitleri kullanılmaktadır. Kısa gün çilek çeşitleri gün uzunluğuna hassas çeşitler olup, 15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, 10-12 saatin altında kısa gün şartlarında, 15°C'nin altında ise fotoperiyoda ihtiyaç duymadan çiçek gözlerini oluşturan çeşitlerdir (Ballington ve ark., 2008). Bu çeşitler ülkemizde kış-bahar üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari öneme sahip bir diğer çilek tipi ise gün nötr çilekleri olup, bu çeşitler fotoperiyoda duyarsız çeşitlerdir (Serçe ve Hancock, 2005; Demirsoy ve ark., 2012). Bu çeşitler, çiçek tomurcuklarını 2-30°C arasında oluşturmakta, 29.4°C üzerindeki sıcaklıklarda ise çiçek tomurcuğu oluşturmamaktadır (Hancock ve Serçe, 2003). Bu nedenle çiçeklenme ve meyve oluşumunun devamı ve sürekliliğini sağlamak için optimum çevresel koşulların sağlanması azami derecede önem taşımaktadır. Bu amaçla gölgeleme, yağmurlama, malçlama gibi pek çok kültürel uygulama yapılabilmektedir (Fennell ve Graper, 1996).

Gün nötr çilek çeşitleri, kışları ılık geçen yerlerde kış üretimi, yazları serin geçen yerlerde de yaz-sonbahar üretimini mümkün kılan çeşitlerdir (Bringhurst ve Voth, 1989). Son yıllarda yapılan çalışmalarda Kaliforniya Üniversitesi tarafından ıslah edilen Seascape, Albion, Monterey, San Andreas, Portola gibi gün nötr çilek çeşitleri üzerinde durulmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda, ilk olarak çeşitlerin ekolojilere göre adaptasyonun belirlenmesi ile yaz-sonbahar üretimini teşvik etmeye yönelik uygulamaların araştırıldığı görülmektedir (Neri ve ark., 2012). Dolayısıyla gün nötr çilek çeşitleri ile çilek yetiştiriciliği, hasat sezonunu uzatma avantajı sayesinde (Shaw ve Famula, 2005; Rowley ve ark., 2011), hem ülkemizde hem de dünyada önemi gittikçe artan bir konu haline gelmiştir (Gude ve ark., 2018). Gün nötr çilek çeşitleri arasında çiçek verme kabiliyeti bakımından farklılıklar bulun-

maktadır. Bu bakımdan bu çeşitler, zayıf, orta ve güçlü gün nötr çilek çeşitleri olarak da sınıflandırılmaktadır. Güçlü gün nötr çilek çeşitleri (Tribute ve Tristar) yaz boyunca çok fazla çiçeklenmekte ve az stolon verme eğilimindedir. Bitki formu olarak bakıldığında ise, yaprakları küçük, gövde sayısı orta olup, bitkiler küçük habitusludur. Orta ve zayıf gün nötr çilekler ise (Selva), güçlü stolon verme eğilimi gibi kısa gün çileklerinin pek çok özelliğine sahiptirler (Dale ve Pritts, 1989). Dolayısıyla ekolojik koşullara göre gün nötr çilek çeşitlerinin adaptasyon özelliklerinin değişebileceği, çeşitlerin bölgelere göre verimliliklerinin de değerlendirilmesi gerektiği öngörülmektedir. Nitekim, Grijalba ve ark. (2015), Kolombiya'da açıkta ve yüksek plastik tünelde Monterey ve Albion çilek çeşitleriyle yaptıkları çalışmada, Monterey çeşidinde örtüaltında daha hızlı vegetatif gelişme ve daha yüksek verim ile daha az meyve kaybı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca gün nötr çilek çeşitleri içerisinde yapılan kültürel uygulamalarda bitki gelişimi ile beraber, verim ve kalite üzerine çalışmalar da yapılabilmektedir. Bu amaçla Demirsoy ve ark. (2019), Albion ve Sweet Ann çilek çeşitlerinde dikimden itibaren 30, 60, 90 gün süreyle yapılan çiçek koparma işleminin yaz-sonbahar meyve üretiminde toplam verimi ve meyve iriliğini önemli ölçüde etkilemediğini saptamışlardır. Ancak çiçekleri koparılmayan bitkilerde bazı vegetatif büyüme parametrelerinin düşük değerler gösterdiği gözlenmiş, buna göre özellikle çok yıllık olarak yapılan yetiştiricilikte çiçek koparmanın bitki gücü ve verimliliği açısından faydalı olacağı ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, Antalya'nın yüksek rakımlı alanlarında, farklı yetiştirme sistemlerinde (açıkta ve örtüaltı) yetiştirilen gün nötr çilek çeşitlerinin (Albion, San Andreas, Portola), bitki gelişimi, verim ve kalite özellikleri irdelenmiştir. Böylece Antalya'nın sahil bölgesinde haziran ayı sonunda tamamlanan meyve sezonunun, yayla bölgesi ile devam edebileceği ve yılın 12 ayı üretim sezonun teşvik edebileceği amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, 2019-2021 yılları arasında Antalya ilinin Korkuteli ilçesinde 400 m²'lik alanda yürütülmüştür (37° 01' - 36' N, 30° 14' - 52' E; 927 m rakım). Araştırmada üç farklı gün nötr çilek çeşidinin, açıkta ve örtüaltında yetiştirilme olanakları tarımsal açıdan irdelenmiştir. Çizelge 1'de çalışma alanına ait iklim verileri verilmiştir.

Denemede, Albion, San Andreas ve Portola çilek çeşitleri kullanılmış, yetiştirme sistemi olarak ise açık arazi ve alçak tünel altında yetiştiricilik gerçekleştirilmiştir. Alçak tünel konstrüksiyonunda 2 m uzunluğunda, 2 mm çapında beyaz renkli PVC malzeme kullanılmıştır. Örtü materyali olarak ise 120 cm eninde 25 mikron kalınlığında şeffaf renkte plastik kullanılmış olup, tünel yüksekliği 60 cm olarak planlanmıştır. Açıkta yetiştiricilikte, yastık yüksekliği 25 cm, genişliği 110 cm, yürüme yolları 75 cm; alçak tünellerde yapılan yetiştiricilikte ise yastık yüksekliği 25 cm, genişliği 100 cm ve yürüme yolları ise 60 cm olarak planlanmıştır.

Çizelge 1. Araştırma alanının 2019-2020 yıllarına ait iklim verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)

Table 1. Climate datas of research area in 2019-2020

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)		Minimum Sıcaklık (°C)		Maksimum Sıcaklık (°C)		Ortalama Nisbi Nem (%)		Toplam Yağış (mm)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Ocak	2.5	2.4	-0.6	-1.8	7.3	9.3	86	70.3	62.2	63.6
Şubat	5.1	4.2	0.9	0.2	11.0	10.4	76.3	75.1	23.8	24
Mart	7.8	7.6	2.1	2.1	14.7	14.7	66.3	66.3	35.8	37.8
Nisan	10.2	11.3	4.7	5.5	16.9	18.2	66.6	65.5	25.4	54.4
Mayıs	16.6	16.6	9.5	9.5	24.1	24.1	53.5	54.2	8.2	35.2
Haziran	20.7	19.3	14.4	12.2	28.1	26.5	55.7	53.1	44.8	22.2
Temmuz	23.7	25.7	16.2	17.4	31.4	33.9	39.0	35.7	*	*
Ağustos	24.5	24.7	16.6	16.4	33.1	33.7	39.0	35.8	8.2	3.4
Eylül	20.2	22.8	12.9	14.8	28.7	31.9	48.8	41.7	5.4	4.6
Ekim	15.9	16.5	9.0	9.7	24.8	25.0	57.1	58.2	15.6	7.2
Kasım	9.9	8.2	4.5	2.3	18.0	16.9	72.7	64.5	20.6	27.2
Aralık	5.0	6.0	0.8	1.8	11.7	12.5	78.7	87.2	44.8	52.2

Denemede frigo fideler kullanılmış, 30 x 30 cm sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde üçgen dikim şeklinde, 20 Mart 2019 tarihinde dikim gerçekleştirilmiştir. Sulama sistemi olarak damla sulama sistemi kullanılan denemede, iki yıllık vegetasyon süresince hastalık ve zararlılara karşı (antraknoz, rhizoctonia ve kırmızı örümcek) kontrollü kimyasal mücadele uygulanmıştır. Ayrıca alçak tünellerde yapılan yetiştiricilikte, hava sıcaklıklarının 26°C'nin üzerine çıktığı durumlarda plastik örtü açılmış, 20°C altına düştüğünde de kapatılmıştır (Galletta ve Bringham, 1990; Ruan ve ark., 2011). Şekil 1'de deneme alanından genel görünüm verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1. Deneme alanından genel görünüm (a) Genel görünüm, (b) Alçak tünellerde yapılan yetiştiricilik

Figure 1. General view of the trial area (a) General view, (b) Growing under low tunnel

Araştırmada uygulamalara ve çeşitlere göre, bitkilerde fenolojik (ilk çiçeklenme, ilk derim, ilk stolon atma tarihi), morfo-fizyolojik (gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak klorofil indeksi), pomolojik özellikler (meyve ağırlığı, meyve et sertliği, suda çözünebilir kuru madde, meyve dış rengi) ile bitki başına verim ve meyvelerde bazı biyokimyasal özellikler (titre edilebilir asit miktarı, C vitamini, toplam fenolik madde içeriği, toplam antosiyanin içeriği) belirlenmiştir. Fenolojik gözlemler tarih olarak; morfo-fizyolojik gözlemlerden gövde çapı, digital kumpas; yaprak klorofil indeksleri klorofil metre (FieldScout CM1000); meyve ağırlığı hassas terazi; meyve et sertliği penetrometre (FT011); suda çözünebilir kuru madde içeriği dijital refraktometre (Model Number REF121, Atago, China); meyve dış rengi renk ölçüm cihazı ile (3NH NR20XE Precision Colorimeter (Shenzhen Threenh Technology Co., Ltd.) kaydedilmiştir. Araştırmada, tüm morfo-fizyolojik, pomolojik, verim özellikleri, her iki deneme yılında da, mayıs ayından kasım ayına kadar ayda 1 kez ölçülmüş, değerlendirmeler tüm ayların ortalaması olarak gerçekleştirilmiştir. Biyokimyasal özellikler ise ikinci deneme yılı haziran ayı sonunda alınan örneklerde belirlenmiştir. Bu analizlerden titre edilebilir asitlik Erkan (1997); C vitamini Cemeroglu (2010); toplam fenolik madde içeriği Spanos ve Wrolstad (1990); toplam antosiyanin içeriği pH diferansiyel metodu ile spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırma, tesadüf parsellerinde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış olup, üç tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında, LSD testi kullanılmış ve istatistiksel analizler SAS paket programında (SAS version 9.0) gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Fenolojik Özellikler

Farklı yetiştirme tekniği ve çeşit farkının fenolojik gözlemler üzerine etkileri Çizelge 2’de verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi, her iki deneme yılında da ilk çiçeklenme ve ilk derim zamanlarının, örtüaltı yetiştiricilikte, açıkta yetiştiricilikten daha erken gerçekleştiği görülmüştür. Nitekim ilk çiçeklenme tarihi örtüaltı yetiştiricilikte, her iki deneme yılında, mart ayı sonunda gerçekleşirken, ilk derim tarihi, ilk deneme yılında mayıs ayı sonu, ikinci deneme yılında ise mayıs ayı başında gerçekleşmiştir. Çeşit bakımından incelendiğinde ise, ilk çiçeklenme ve ilk derim tarihleri, Albion ve San Andreas çeşitlerinde aynı tarihlere rastlamıştır (Çizelge 2). İlk stolon atma tarihi ise yetiştiricilik sistemleri ve çeşitlere göre mayıs ve haziran aylarında gerçekleşmiştir. Sarıdaş (2018), farklı çilek çeşit ve genotiplerle yaptığı melezleme çalışmalarında, genotiplere göre ilk çiçeklenme ve ilk derim tarihlerinde farklılıklar görmüş, araştırmada ana ebeveynlerden ‘Fortuna’ çeşidinin şubat ayı sonunda, ‘Sabrosa’ ve ‘Albion’ çeşitlerinin ise, sırasıyla 10 ve 11 Mart tarihlerinde tam çiçeklenme periyoduna ulaştığını belirtmiştir. Ayrıca denemede seçilmiş melez genotiplerin tam çiçeklenmelerinin Şubat-Mart aylarında gerçekleştiği de bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise çeşitlere, uygulamalara ve vegetasyon yıllarına bağlı olarak, ilk çiçeklenmeler mart ayı sonundan nisan ayı ortasına kadar, ilk derimler ise mayıs ayı ortasından haziran ayı başına kadar gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Farklı yetiştirme tekniği ve çilek çeşitlerinin bitkilerde fenolojik gözlemler üzerine etkileri

Table 2. Effects of different growing techniques and strawberry cultivars on phenological observations.

Yıl	Parametre	Açık Arazi			Örtüaltı		
		Albion	San Andreas	Portola	Albion	San Andreas	Portola
1	İlk çiçeklenme tarihi	12.04.2019	12.04.2019	13.04.2019	30.03.2019	30.03.2019	01.04.2019
	İlk stolon atma tarihi	02.06.2019	03.06.2019	02.06.2019	11.05.2019	13.05.2019	11.05.2019
	İlk derim tarihi	03.06.2019	04.06.2019	03.06.2019	20.05.2019	21.05.2019	20.05.2019
2	İlk çiçeklenme tarihi	05.04.2020	04.04.2020	05.04.2020	23.03.2020	23.03.2020	24.03.2020
	İlk stolon atma tarihi	01.06.2020	03.06.2020	01.06.2020	01.06.2020	01.06.2020	01.06.2020
	İlk derim tarihi	15.05.2020	15.05.2020	15.05.2020	05.05.2020	05.05.2020	05.05.2020

3.2. Morfo-fizyolojik Özellikler

İki yıllık vegetasyon süresi boyunca yetiştirme teknikleri ve çilek çeşitlerine göre gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak klorofil indeksi değerleri mayıs ayından kasım ayına kadar aylık olarak belirlenmiş olup, değerler tüm ayların ortalaması olarak Çizelge 3'te verilmiştir. Yetiştirme tekniklerinin morfo-fizyolojik özellikler üzerine etkileri incelendiğinde, birinci vegetasyon yılında, yaprak sayısı, ikinci ve getasyon yılında klorofil indeksi değerlerinde istatistiksel farklılıklar görülmüştür. Birinci yılda, örtüaltında yetiştirilen bitkilerde, açık araziye göre daha yüksek yaprak sayısı görülürken, ikinci yılda da yine örtüaltında yetiştirilen bitkilerde klorofil indeksi daha yüksek olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 3).

Bitkilerde mayıs ayından kasım ayına kadar ilerleyen vegetasyon döneminde, farklı çilek çeşitlerinin morfo-fizyolojik özellikler üzerine etkileri incelendiğinde, gerek birinci yıl ve gerekse ikinci yılda çeşitlerin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Birinci deneme yılında en yüksek gövde çapı (22.81 mm) , yaprak sayısı (25.00 adet) ve klorofil indeksi (297.83) San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken; ikinci deneme yılında aynı kriterler bakımından Albion ve San Andreas çilek çeşitleri en yüksek değerleri oluşturmuştur. Portola çilek çeşidinin ise morfo-fizyolojik özellikler bakımından diğer çeşitlerden daha düşük değerleri oluşturduğu belirlenmiştir.

Araştırma bulgularımız, San Andreas çilek çeşidinin, denenen her iki yılda da morfo-fizyolojik özellikler bakımından öne çıktığını gösterirken, Albion çilek çeşidinin de yakın değerler oluşturduğunu, hatta ikinci deneme yılında da bu çeşitte de yüksek gelişim gösterdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlarımız ile ilgili direkt ilgili çalışmaya rastlanılmasa da, Adak (2019)'un bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bu konuda, araştırmacı topraksız kültürle yetiştirilen Albion ve Festival çilek çeşitlerinde, üç farklı K/Ca oranlarının (0.78, 0.71 ve 1.00) bitkide gövde çapı ve klorofil indeksi üzerine etkilerini incelediği çalışmasında, çeşitlerin gövde çapı ve klorofil içeriği üzerine etkilerinin önemsiz olmasına rağmen, gövde çapı değerlerinin 29.56 mm ile 29.66 mm arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bulgularımız söz konusu çalışma değerleri ile benzerlik gösterse de, çeşit etkisinin farklı olduğu görülmüştür. Nitekim araştırma çeşitleri ve uygulama konuları çalışmamızdan farklılık arz etmektedir.

Çizelge 3. Farklı yetiştirme tekniği ve çilek çeşitlerinin bitkilerde morfo-fizyolojik özellikler üzerine etkileri

Table 3. Effects of different growing techniques and strawberry cultivars on morpho-physiological features.

Faktörler		Birinci Vejetasyon Yılı Ortalaması		
		Gövde Çapı (mm)	Yaprak Sayısı (adet)	Klorofil İndeksi
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	21.87	22.92 b	287.41
	Örtüaltı	22.01	24.41 a	280.38
LSD %5 yetiştirme tekniği		ÖD	1.172	ÖD
Çeşit	Albion	21.27 b	23.00 b	273.29 b
	San Andreas	22.81 a	25.00 a	297.83 a
	Portola	21.73 ab	23.00 b	280.57 a
LSD %5 çeşit		1.220	1.436	21.093
Faktörler		İkinci Vejetasyon Yılı Ortalaması		
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	23.96	24.72	265.70 a
	Örtüaltı	23.31	24.22	252.19 b
LSD %5 yetiştirme tekniği		ÖD	ÖD	12.386
Çeşit	Albion	24.19 a	25.41 a	265.50 a
	San Andreas	24.77 a	25.58 a	268.22 a
	Portola	21.94 b	22.42 b	243.11 b
LSD %5 çeşit		1.043	1.844	15.17

3.3. Pomolojik Özellikler

İki yıllık vejetasyon süresi boyunca yetiştirme teknikleri ve çilek çeşitlerinin, meyvelerde ağırlık, sertlik, suda çözünebilir kuru madde, meyve dış renk L, C* ve h° değerleri üzerine etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Yetiştirme tekniklerinin meyvelerde pomolojik özellikler üzerine etkileri incelendiğinde, birinci deneme yılında sadece meyve eti sertliği bakımından istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir. Örtüaltında yetiştirilen bitkilerden elde edilen meyvelerde sertlik, açık arazide yetiştirilenlerden daha yüksek (0.72 kg) belirlenmiştir.

Araştırmada, her iki deneme yılında da, çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı ve meyve sertliği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli belirlenirken; suda çözünebilir kuru madde miktarı, meyve renk L, C* ve h° değerleri üzerine etkileri önemli belirlenmemiştir. Birinci ve ikinci deneme yılında, ortalama meyve ağırlığı bakımından Albion (birinci yıl 12.74 g, ikinci yıl 11.84 g) ve San Andreas (birinci yıl 14.50 g, ikinci yıl 12.23 g) çilek çeşitlerinde en yüksek değerler elde edilirken, Portola çilek çeşidinde en düşük meyve ağırlıkları belirlenmiştir. Meyve eti sertliği bakımından ise birinci deneme yılında Portola (0.87 kg), ikinci deneme yılında ise yine Portola (0.76 kg) ve San Andreas (0.86 kg) çilek çeşitleri ön plana çıkmıştır. Suda çözünebilir kuru madde miktarı çeşitlere göre istatistiki farklılıklar göstermede de bu değerler, %11.05 ile %13.48 arasında değişim göstermiştir. Çeşit farkı meyve renk değerleri bakımından önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4).

Araştırmada, meyve sertliği birinci yılında örtüaltında yüksek belirlenirken, ikinci yılda, yetiştirme tekniklerinden ziyade çeşitlerden önemli ölçüde etkilendiği gözlenmiştir. Farklı bir çalışmada, çilekte meyve et sertliğindeki değişimin, özellikle çeşide bağlı olduğu bildirilmiştir (Perkins-Veazie ve Collins, 1995). Dolayısıyla belirtilen çalışma sonuçları ile bulgularımız benzer özellik göstermiştir. Ayrıca Adak ve ark. (2018) Camarosa, Albion, Amiga ve Rubygem çilek çeşitleri ile farklı sulama rejimi uygulamaları üzerine yaptıkları çalışmada, çeşitlerin meyve eti sertliği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu, kontrol uygulamasında bu değerlerin 0.70 ile 0.83 kg arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Suda çözünebilir kuru madde içeriği bakımından, gerek yetiştirme teknikleri ve gerekse çeşitler arasında önemli farklılık bulunmadığı görülmüştür. Balcı (2017), Yozgat ilinde Portola ve Albion çilek çeşitlerin bitki başına verim ve ortalama meyve ağırlığı bakımından üstün olduğunu belirtirken; suda çözünür kuru madde miktarı bakımından ise San Andreas çeşidinin öne çıktığını gözlemlemiştir. Oğuz (2017), Nevşehir ekolojik koşullarında, beş gün nötr çilek çeşidinin meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada, en yüksek suda çözünür kuru madde miktarını Monterey çeşidinde; en yüksek pH'yı Kabarla çeşidinde; en yüksek titre edilebilir asit içeriğini ise Albion çeşidinde belirlemiştir. Ayrıca en iri meyveli çeşit olarak San Andreas çeşidi saptanırken; meyve kalite özellikleri bakımından bölgeye en uygun çeşitlerin Albion, Portola ve Monterey olduğu sonucuna varılmıştır. Gude ve ark. (2021), yüksek tünelde gün nötr çilek yetiştiriciliği performansları üzerinde yaptıkları çalışmada, 'Monterey', 'Seascape' ve 'Albion' çeşitlerinde en yüksek toplam suda çözünebilir kuru madde içeriği belirlenmiştir. Ayrıca Monterey ve Albion çeşitlerinde daha koyu renk kaydedilmiştir.

Çizelge 4. Farklı yetiştirme tekniği ve çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı, meyve eti sertliği ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) üzerine etkileri

Table 4. Effects of different growing techniques and strawberry cultivars on fruit weight, fruit firmness and soluble solid content.

Faktörler		Birinci Vejetasyon Yılı Ortalaması					
		Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eti Sertliği (kg)	SÇKM (%)	Meyve Rengi		
					L	C*	h°
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	13.12	0.64 b	13.09	40.83	44.69	32.18
	Örtüaltı	12.70	0.72 a	13.38	41.43	44.79	32.00
LSD _{%5 yetiştirme tekniği}		ÖD	0.064	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Çeşit	Albion	12.74 a	0.60 b	13.48	40.46	45.10	32.62
	San Andreas	14.50 a	0.70 b	13.26	41.06	45.66	31.85
	Portola	8.57 b	0.87 a	12.53	43.26	41.03	34.09
LSD _{%5 çeşit}		2.123	0.084	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Faktörler		İkinci Vejetasyon Yılı Ortalaması					
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	11.42	0.80	12.93	38.22	43.86	29.13
	Örtüaltı	12.37	0.78	13.10	38.26	43.64	28.53
LSD _{%5 yetiştirme tekniği}		ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Çeşit	Albion	11.84 a	0.73 b	13.37	37.46	42.78	28.31
	San Andreas	12.23 a	0.86 a	13.32	38.47	43.92	28.61
	Portola	10.95 b	0.76 a	11.05	40.03	46.41	31.29
LSD _{%5 çeşit}		0.381	0.101	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

3.4. Bitki Başına Düşen Toplam Verim (g bitki⁻¹)

İki yıllık çalışma boyunca yetiştirme teknikleri ve çilek çeşitlerine göre bitki başına toplam verim değerleri aylık olarak kaydedilmiş olup, ortalama değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Araştırmada, gerek birinci deneme yılında ve gerekse ikinci deneme yılında yetiştirme tekniklerinin, bitki başına toplam verim üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Birinci deneme yılında örtüaltın-

da bitki başına düşen verim 272.47 g bitki⁻¹, açıkta 222.48 g bitki⁻¹; ikinci deneme yılında ise örtüaltında bitki başına düşen verim 379.45 g bitki⁻¹, açıkta 332.14 g bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir.

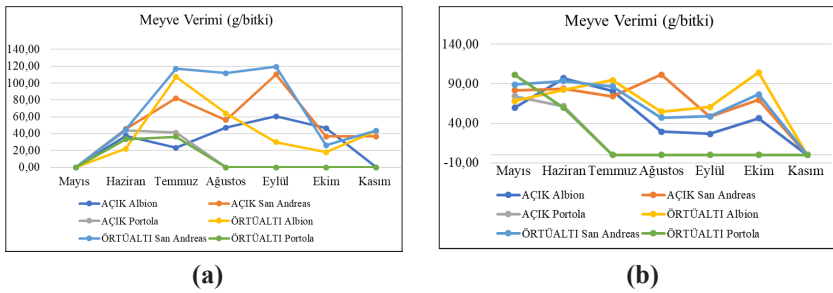
Çilek çeşitlerinin meyve verimi üzerine etkileri, denenen her iki yılda da istatistik olarak önemli belirlenmiştir. Birinci deneme yılında, en yüksek verim 415.08 g bitki⁻¹ ile San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken, bunu 249.80 g bitki⁻¹ ile Albion çeşidi izlemiştir. En düşük verim ise 77.54 g bitki⁻¹ ile Portola çilek çeşidinde saptanmıştır. İkinci deneme yılında da benzer durum görülmüş olup, en yüksek verim 485.91 g bitki⁻¹ ile San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken, bunu 433.27 g bitki⁻¹ ile Albion çeşidi izlemiştir. En düşük verim ise 148.20 g bitki⁻¹ ile Portola çeşidinde saptanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı yetiştirme tekniği ve çilek çeşitlerinin bitki başına düşen verim üzerine etkileri

Table 5. Effects of different growing techniques and strawberry cultivars on fruit yield per plant

Faktörler	Birinci Vejetasyon Yılı Ortalaması	
	Bitki Başına Düşen Toplam Verim (g bitki ⁻¹)	
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	222.48
	Örtüaltı	272.47
LSD _{%5 yetiştirme tekniği}	ÖD	
Çeşit	Albion	249.80 b
	San Andreas	415.08 a
	Portola	77.54 c
LSD _{%5 çeşit}	118.82	
Faktörler	İkinci Vejetasyon Yılı Ortalaması	
Yetiştirme Tekniği	Açık Arazi	332.14
	Örtüaltı	379.45
LSD _{%5 yetiştirme tekniği}	ÖD	
Çeşit	Albion	433.27 a
	San Andreas	485.91 a
	Portola	148.20 b
LSD _{%5 çeşit}	100.79	

Araştırmada, aylık ortalamalara bağlı olarak bitki başına düşen verim değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Birinci yıl verimleri Albion ve San Andreas çilek çeşitlerinde, haziran ayından kasım ayı ortasına kadar devam ederken, Portola çilek çeşidinde her iki yetiştirme sisteminde de sadece haziran ve temmuz aylarında verim alınmıştır. İkinci deneme yılında ise Albion ve San Andreas çilek çeşitlerinde mayıs ayında ilk verimler alınırken, hasat ekim ayı sonuna kadar devam etmiştir. Portola çeşidinde ise her iki yetiştirme tekniğinde de mayıs ve haziran aylarında verim alınmıştır. Son hasat tarihi, her iki deneme yılında da, don tarihine kadar devam etmiştir. Araştırma bulgularımız, sonbaharın erken donlarına karşı kültürel önlemlerin alınabilmesi ile son hasat tarihinin daha da uzayabileceğini göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. (a) Birinci vejetasyon yılı (b) İkinci vejetasyon yılında aylara bağlı olarak bitki başına düşen verim (g bitki⁻¹)

Figure 2. (a) First vegetation year (b) Yield per plant in the second vegetation year depending on months (g/plant)

Araştırma bulgularımız, yetiştirme tekniklerinden ziyade, çeşitler arasında verim bakımından önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Her iki deneme yılında da en yüksek verim San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken, bunu Albion çilek çeşidi izlemiştir. En düşük verim ise Portola çilek çeşidinde belirlenmiştir. Bulgularımız, bu konuda yapılan birçok çalışma ile uyumlu veya kısmen uyumlu bulunmuştur. Çalışmalardaki farklılıklar büyük ölçüde, yetiştirme teknikleri, kültürel işlemler ve ekolojiye göre değişiklik göstermektedir. Geçer ve ark. (2018), Amasya’da açıkta çilek yetiştiriciliğinde yaptığı çalışmada; en yüksek bitki başına verimi 307.8 g ile Monterey çeşidinde belirlerken; bunu 283.7 g ile Albion; 243.7 g ile San Andreas ve 64.41 g ile Sweet Charlie çeşitlerinin izlediğini belirtmiştir. Balcı (2017), Yozgat ilinde Portola ve Albion çilek çeşitlerinin bitki başına verim ve ortalama meyve ağırlığı bakımından üstün olduğunu; Soysal ve ark. (2019), Samsun ekolojik koşullarında yaz döneminde, en yüksek pazarlanabilir meyve veriminin (489.4 g bitki⁻¹) Sweet Ann çilek çeşidinden elde edildiğini belirtmiştir. Dolayısıyla ekolojilere göre çeşitler arasında farklılıklar görülmektedir.

3.5. Biyokimyasal Özellikler

Araştırmada, yetiştirme teknikleri ve çilek çeşitlerinin meyvelerde titre edilebilir asitlik, C vitamini, toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin içeriği üzerine etkileri Çizelge 6'da verilmiştir. İkinci deneme yılında haziran ayında derimi yapılan meyvelerden elde edilen bu biyokimyasal özellikler incelendiğinde, yetiştirme tekniklerinin meyvelerde titre edilebilir asitlik içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli belirlenirken, C vitamini, toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin içeriği üzerine etkileri benzer seviyelerde belirlenmiştir (Çizelge 6). Araştırmada en yüksek titre edilebilir asitlik, %0.88 ile örtüaltında yetiştirilen meyvelerden elde edilmiştir.

Çilek çeşitlerinin meyvelerde titre edilebilir asitlik, C vitamini ve toplam fenolik madde içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli belirlenirken, toplam antosiyanin içeriği üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Nitekim istatistiki olarak en yüksek titre edilebilir asitlik %0.85 ile Portola çilek çeşidinde, en yüksek C vitamini 67.11 mg askorbik asit 100 ml⁻¹ ile San Andreas ve 65.96 mg askorbik asit 100 ml⁻¹ ile Albion çeşitlerinde, en yüksek toplam fenolik madde içeriği 318.21 mg GAE 100 ml⁻¹ ile Albion ve 280.75 mg GAE 100 ml⁻¹ ile San Andreas çeşitlerinde saptanmıştır. Toplam antosiyanin içeriği ise çeşitlere göre değişmekle birlikte 5.92 mg Peg-3-glu L⁻¹ ile 7.28 mg Peg-3-glu L⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 6).

Yetiştiricilik tekniği x çeşit interaksyonu bakımından incelendiğinde, en yüksek titre edilebilir asit içeriği %0.98 ile örtüaltında yetiştirilen Albion çilek çeşidinde; en yüksek C vitamini içeriği örtüaltında yetiştirilen San Andreas çilek çeşidinde; en yüksek toplam fenolik madde içeriği 378.03 mg GAE 100 ml⁻¹ ile açıkta yetiştiricilikte San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken, bunu 366.14 mg GAE 100 ml⁻¹ ile örtüaltı Albion çilek çeşidi izlemiştir (Çizelge 6).

Araştırma bulgularımız, yetiştirme tekniklerinden ziyade, çeşit farkının meyvelerde biyokimyasal özellikler üzerine etkili olabileceğini göstermiştir. Bulgularımız birçok araştırmacının bulguları ile benzerlik göstermiştir. Singh ve ark. (2011), antioksidan içeriği üzerine genotipin, çevresel faktörlerden daha etkili olduğunu; Balcı (2017), Yozgat ilinde meyvelerde C vitamini bakımından San Andreas çeşidinin öne çıktığını; Gude ve ark. (2021), yüksek tünelde gün nötr çilek yetiştiriciliği performansları üzerinde yaptıkları çalışmada, Albion, Evie 2, Monterey, San Andreas ve Seascape çeşitlerinde toplam fenolik madde içeriğini çeşitlerinde Portola çeşidinden daha yüksek bulunmuştur. Dolayısıyla çalışmalar büyük ölçüde bulgularımız ile benzerlik göstermektedir.

Bizim çalışmamızdan farklı olarak, Baiamonte ve ark. (2010), Record ve Nora çilek çeşitlerinde organik ve entegre yetiştiricilik teknikleri üzerinde yaptıkları çalışmada, meyvelerde farklı antosiyanin içeriğini belirlemişlerdir. Araştırma so-

nucunda, fide tipleri ve yetiştiricilik tipleri interaksyonu bakımından da önemli farklılıkların belirlendiği görülmüştür. Sing ve ark (2011), çilek çeşitlerinde askorbik asit içeriğinin önemli düzeyde değiştiğini ve bu değerlerin 68.32 mg 100 g⁻¹ FW ile 107.50 mg 100 g⁻¹ taze ağırlık arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 6. Farklı yetiştirme teknikleri ve çilek çeşitlerinin, meyvelerde biyokimyasal özellikler üzerine etkileri

Table 6. Effects of different growing techniques and strawberry cultivars on biochemical features

Yetiştirme Tekniği	Çeşit			Yetiştirme Tekniği
	Albion	San Andreas	Portola	
Titre Edilebilir Asitlik (%sitrik asit)				
Açık Arazi	0.66 E	0.73 D	0.88 B	0.76 b
Örtüaltı	0.98 A	0.86 B	0.81 C	0.88 a
Çeşit	0.82 ab	0.80 b	0.85 a	
LSD _{%5 yetiştirme tekniği} : 0.022 ; LSD _{%5 çeşit} : 0.027 ; LSD _{%5 yetiştirme tekniği x çeşit} : 0.0275				
C Vitamini (mg askorbik asit 100 ml⁻¹)				
Açık Arazi	64.82 AB	64.31 AB	58.51 B	62.55
Örtüaltı	67.10 A	69.89 A	62.68 AB	66.56
Çeşit	65.96 a	67.11 a	60.59 b	
LSD _{%5 yetiştirme tekniği} : ÖD ; LSD _{%5 çeşit} : 5.14 ; LSD _{%5 yetiştirme tekniği x çeşit} : 7.269				
Toplam Fenolik Madde İçeriği (mg GAE 100ml⁻¹ taze ağırlık)				
Açık Arazi	270.27 BC	378.03 A	254.46 C	300.92
Örtüaltı	366.14 AB	183.46 C	212.86 C	254.15
Çeşit	318.21 a	280.75 ab	233.66 b	
LSD _{%5 yetiştirme tekniği} : ÖD ; LSD _{%5 çeşit} : 72.179 ; LSD _{%5 yetiştirme tekniği x çeşit} : 102.08				
Toplam Antosiyanin İçeriği (mg Peg-3-glu L⁻¹ taze ağırlık)				
Açık Arazi	6.86	7.66	4.91	6.47
Örtüaltı	7.71	6.65	6.93	7.09
Çeşit	7.28	7.15	5.92	
LSD _{%5 yetiştirme tekniği} : ÖD ; LSD _{%5 çeşit} : ÖD ; LSD _{%5 yetiştirme tekniği x çeşit} : ÖD				

SONUÇ

Araştırmada, gerek ilk çiçeklenme ve gerekse ilk derim tarihi bakımından örtüaltı yetiştiriciliği, açıkta yapılan yetiştiriciliğe göre daha avantajlı bulunmuştur. Nitekim ilk çiçeklenmeler birinci deneme yılında örtüaltında mart ayı sonu, açıkta nisan ayı ortası; ikinci deneme yılında ise ilk çiçeklenmeler örtüaltında mart ayı sonu, açıkta nisan ayı başında gerçekleşmiştir. İlk derim tarihi ise birinci deneme yılında, örtüaltında mayıs ayı sonu, açıkta haziran ayı başında gerçekleşirken; ikinci deneme yılında örtüaltında mayıs ayı başında, açıkta mayıs ayı ortasında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla örtüaltı yetiştiriciliğinin, açık araziye göre 10-12 günlük erkencilik sağladığı görülmüştür. Araştırmada derimin son zamanını bölgedeki meteorolojik olayların belirlediği görülmüş ve kasım ayında gerçekleşen uzun süreli don olayından dolayı verim kasım ayında sonlanmıştır. Ayrıca çeşit bakımından gerek açıkta ve gerekse örtüaltında Albion ve San Andreas çilek çeşitleri 1-2 günde olsa erken çiçeklenme özellikleri ile ön plana çıkmıştır. İlk stolon atımları ise her iki deneme yılında mayıs ayı ortası ve haziran aylarında gerçekleşmiştir.

Araştırmada, yetiştirme tekniklerinin bitkilerde morfo-fizyolojik özellikler üzerine önemli etkileri belirlenmezken, San Andreas ve Albion çeşitleri bu özellikleri ile ön plana çıkmıştır. Meyvelerde pomolojik özellikler bakımından değerlendirildiğinde, birinci deneme yılında örtüaltında elde edilen meyvelerin sertliğinin açık arazide yetiştirilenlerden daha yüksek olduğu belirlenirken, ikinci deneme yılında, gerek meyve ağırlığı, gerek meyve sertliği ve gerekse suda çözünebilir kuru madde bakımından yetiştirme sistemleri arasında farklılıklar belirlenmemiştir. Çeşitler bakımından irdelendiğinde ise Albion ve San Andreas çilek çeşitleri, Portola çilek çeşidine göre meyve ağırlığı bakımından ön plana çıkmıştır.

Araştırmada, birinci deneme yılında örtüaltında 272.47 g bitki⁻¹, açık arazide 222.48 g bitki⁻¹ verim elde edilirken; ikinci deneme yılında örtüaltında 379.45 g bitki⁻¹, açıkta 332.14 g bitki⁻¹ verim belirlenmiştir. Ayrıca birinci deneme yılında, en yüksek verim 415.08 g bitki⁻¹ ile San Andreas çilek çeşidinde belirlenirken, bunu 249.80 g bitki⁻¹ ile Albion çilek çeşidi izlemiştir. En düşük verim ise 77.54 g bitki⁻¹ ile Portola çilek çeşidinde belirlenmiştir. İkinci deneme yılında ise San Andreas çilek çeşidinde 485.91 g bitki⁻¹, Albion çilek çeşidinde 433.27 g bitki⁻¹; Portola çilek çeşidinde 148.20 g bitki⁻¹ verim elde edilmiştir.

Meyvelerde biyokimyasal özellikler bakımından incelendiğinde, yetiştirme tekniklerinin, gerek askorbik asit içeriği, gerek toplam fenolik madde içeriği ve gerekse toplam antosiyanin içeriğini etkilemediği belirlenmiştir. Buna karşın çeşitler arasında meyve biyokimyasal özellikleri farklılık göstermiştir. Nitekim en yüksek askorbik asit içeriği Albion (67.10 mg 100 ml⁻¹) ve San Andreas (67.11 mg 100 ml⁻¹) çilek çeşitlerinde; en yüksek toplam fenolik madde içeriği ise yine Albion (318.21 mg 100 ml⁻¹) ve San Andreas (280.75 mg 100 ml⁻¹) belirlenmiştir. En

düşük C vitamini ($60.59 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) ve toplam fenolik madde içerikleri ($233.66 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) Portola çilek çeşidinde saptanmıştır. Meyvelerdeki toplam antosiyanin içeriği bakımından ise gerek yetiştirme teknikleri ve gerekse çeşitler arasında farklılıklar belirlenmemiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): FT(%40), NÜ(%60)

Veri Toplanması (Data Acquisition): FT(%80), NÜ(%20)

Veri Analizi (Data Analysis): FT(%80), NÜ(%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): FT(%50), NÜ(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): FT(%50), NÜ(%50)

KAYNAKLAR

- Adak, N., Gubbuk, H., Tetik, N., 2018. Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 304-311. doi:10.1002/jsfa.8471.
- Adak, N., 2019. Effect of different K⁺/Ca²⁺ ratios on yield, quality and physiological disorder in soilless strawberries cultivation. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 18(2), 229-236. doi:10.24326/asphc.2019.2.20
- Balci, G., 2017. Yozgat koşullarında bazı çilek çeşitlerinin performanslarının değerlendirilmesi. *Meyvecilik Araştırma Enstitüsü*, 4(2), 6-12. <https://dergipark.org.tr/pub/meyve/issue/33460/286593>
- Bringhurst, R.S., Voth, V., 1989. California strawberry cultivars. *Fruit Varieties Journal (USA)*, 43(1), 12-19.
- Ballington, J.R., Poling, B., Olive, K., 2008. Day-neutral strawberry production for season extension in the midsouth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 43(7), 1982-1986. doi:10.21273/HORTSCI.43.7.1982
- Baiamonte, I., Raffo, N., Nardo Paoletta, F., Banoli, G., Baruzzi Faedi, W., 2010. Anthocyanin Ca content of strawberries (*Fragaria ananassa*) grown in either organic or integrated production systems. *Acta Hort.*, 873, 303-308. doi:10.17660/ActaHortic.2010.873.34
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda analizleri kitabı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Bizim grup basımevi, 96-102, ikinci Baskı, Ankara, Türkiye
- Dale, A., Pritts, M. 1989. Day neutral strawberries. Ontario Ministry of Agriculture, <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/89-099.htm> (Erişim tarihi: 23/11/2023).
- Demirsoy, L., Ozturk, A., Serce, S., 2012. Relationship between photoperiod and flowering in strawberries (*Fragaria*). *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 110-119. doi:10.7161/ananjas.2012.272.110
- Demirsoy, L., Soysal, D., Lizalo, A., Demirsoy, H., 2019. The effects of flower removal on summer and fall fruit production of Albion and Sweet Ann strawberries. *Acta Horticulturae*, 1265, 263-270. doi:10.17660/ActaHortic.2019.1265.37
- Erkan, M., 1997. Antalya koşullarında üretilen Washington Navel portakalı ve Star Ruby altıntopunun derim sonrası fizyolojisi ve muhafazası üzerinde araştırmalar. Doktora tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 207s, Antalya.

- Fennell, A., Graper, D.F., 1996. Extension Extra Coopearive Extension Service. South Dakota State University.
- Galletta, G.J., Bringhurst, R.S., 1990. Strawberry management. In Small Fruit Crop management, (eds. Galletta G.J. and Himelrick D.) Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 83-156.
- Geçer, M., Gündoğdu, M., Başar, G., 2018. Bazı çilek çeşitlerinin Merzifon (Amasya) ekolojisindeki verim durumlarının tespiti. İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 11-15. doi:10.21597/jist.427752
- Grijalba, C.M., Pérez-Trujillo, M.M., Ruiz, D., Ferrucho, A.M. 2015. Strawberry yields with high tunnel and open-field cultivations and the relationship with vegetative and reproductive plant characteristics, *Agronomía Colombiana*, 33(2), 147-154. doi:10.15446/agron.colomb.v33n2.52000
- Gude, K., Rivard, C.L., Gragg, S.E., Oxley, K., Xanthopoulos, P., Pliakoni, E.D. 2018. Day-neutralstrawberries for high tunnel production in the central United States, *Hort Technology*, 28(2), 154-165. doi:10.21273/HORTTECH03937-17
- Gude, K., Stanley, H., Rivard, C.L., Cunningham, B., Kang, Q., Pliakoni, E.D. 2021. Quality of day-neutral strawberries grown in a high tunnel system, *Scientia Horticulturae*, 275, 109726, doi:10.1016/j.scienta.2020.109726.
- Hancock, J.F., 1999. Strawberries crop production science in horticulture, CABI publishing, Wallingford, Oxon, UK 237 p.
- Hancock, J.F., Serçe, S., 2003. Assessment of day-neutrality scoring methods in strawberry families grown in greenhouse and field environment. *Turk J. Agric. For.* 27, 191-198.
- Neri, D., Baruzzi, G., Massetani, F., Faedi, W., 2012. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(6), 1021-1036. doi:10.4141/cjps2011-276.
- Oğuz, H.İ., 2017. Nevşehir iklim koşullarında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinin meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi, V. Uluslararası Katılımlı Üzüm Sempozyumu, 303-310.
- Perkins-veazie, P., Collins, J.K., 1995. Strawberry fruit quality and its maintenance in postharvest environments. *Adv. Strawberry Res.*, 14, 1-8.
- Ruan, J., Yeoung, Y.R., Larson, K.D., 2011. Influence of cultivar, planting date, and planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea, *Horticulture Environment Biotechnology*, 52(6), 567-575. doi:10.1007/s13580-011-0491-z
- Rowley, D., Black, B.L., Drost, D., Feuz, D., 2011. Late-season strawberry production using day-neutral cultivars in high-elevation high tunnels. *HortScience Horts*, 46(11), 1480-1485. doi: 10.21273/HORTSCI.46.11.1480
- Sarıdaş, M.A., 2018. Melezleme islahıyla seçilmiş çilek genotiplerinin verim, kalite özelliklerinin belirlenmesi ve moleküler karakterizasyonu. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 310s, Adana.
- Shaw, D.V., Famula, T.R., 2005. Complex segregation analysis of day-neutrality in domestic strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), *Euphytica*, 145(3), 331-338. doi:10.1007/s10681-005-1945-0
- Serçe, S., Hancock, J.F., 2005. Inheritance of day-neutrality in octoploid species of *Fragaria*, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(4), 580-584. doi:10.21273/JASHS.130.4.580
- Singh, A., Singh, B.K., Deka, B.C., Sanwal, S.K., Patel, R.K., and Verma, M.R., 2011. The genetic variability, inheritance and inter-relationships of ascorbic acid, β -caroten, phenol and anthocyanin content in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 129, 86-90.
- Soysal, D., Demirsoy, L., Demirsoy, H. 2019. Bazı çilek çeşitlerinin Samsun ekolojisinde verim ve kalite özellikleri. *Bahçe*, 48(1), 45 - 50.
- Spanos, G.A., Wrolstad, R.E. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson Seedless Grape juice. *J. Agric. Food Chem.* 38, 1565-1571. doi:10.1021/jf00097a030
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim tarihi 03.03.2023.



Solid-state Fermentation of Wheat Bran by *Aspergillus niger* Strains: Effect on the Nutritional Composition and *In vitro* Digestibility

Buğday Kepeğinin *Aspergillus niger* Suşları ile Katı
Faz Fermantasyonu: Besin Madde Kompozisyonu
ve *In vitro* Sindirilebilirliği Üzerine Etkisi

Aydın ALTOP¹, Emrah GÜNGÖR², Şevket ÖZLÜ³, Güray ERENER⁴

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun
· aaltop@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-3966-300X

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun
· emrah.gungor@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0003-4380-6162

³Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun
· sevketo@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0003-4494-345X

⁴Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun
· gereener@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-8025-2560

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 14 Haziran/June 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 04 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 239-246

Atıf/Cite as: Altop, A., Güngör, E., Özlü, Ş., Erener, G. "Solid-state Fermentation of Wheat Bran by *Aspergillus niger* Strains: Effect on the Nutritional Composition and *In vitro* Digestibility" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 239-246.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emrah GÜNGÖR

SOLID-STATE FERMENTATION OF WHEAT BRAN BY *ASPERGILLUS NIGER* STRAINS: EFFECT ON THE NUTRITIONAL COMPOSITION AND *IN VITRO* DIGESTIBILITY

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of *Aspergillus niger* on the nutritional composition and *in vitro* dry matter digestibility of wheat bran (WB) in solid-state fermentation. Two *A. niger* strains (ATCC 200345 or ATCC 52172) were used as inoculants in solid-state fermentation of WB. Wheat bran was sterilized at 121°C for 15 min and inoculated with *A. niger* strains at 10^5 spores kg^{-1} WB. Samples were incubated at 60°C for two days and dried at room temperature until reaching 90% dry matter. Crude protein (CP), ether extract (EE), ash, crude fiber (CF), hemicellulose, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content and *in vitro* dry matter digestibility of WB and fermented WB were determined. The CP and ash levels were increased ($P<0.001$) by solid-state fermentation using *A. niger* strains. However, both *A. niger* strains decreased ($P<0.001$) the CF, NDF, ADF, and hemicellulose content of WB. The EE content of WB was reduced ($P=0.027$) by ATCC 200345 but was not affected ($P=0.145$) by ATCC 52172. The *in vitro* dry matter digestibility of WB was increased ($P=0.013$) by both *A. niger* strains. The greater increases in CP and ash content and the greater decrease in hemicellulose were obtained from ATCC 52172 ($P<0.001$). However, greater decreases in CF and ADF content were observed in fermented WB with ATCC 200345 compared to fermented WB with ATCC 52172 ($P=0.037$ and $P=0.013$, respectively). The results of the present study showed that *A. niger* improved the nutritional composition and *in vitro* dry matter digestibility of WB with solid-state fermentation. ATCC 52172 can be recommended for higher CP and ATCC 200345 for lower CF and ADF and in solid-state fermentation of WB.

Keywords: Fermentation, Fungus, Wheat Bran, Nutrient Composition, Digestibility.



BUĞDAY KEPEĞİNİN *ASPERGILLUS NIGER* SUŞLARI İLE KATI FAZ FERMANTASYONU: BESİN MADDE KOMPOZİSYONU VE *IN VITRO* SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışmada, buğday kepeğinin (BK) besin madde kompozisyonu ve *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği üzerine *Aspergillus niger* kullanılan katı faz fermantasyonun etkileri araştırılmıştır. BK'nin katı faz fermantasyonunda iki farklı *A.*

niger suşu (ATCC 200345 ve ATCC 52172) inokulant olarak kullanılmıştır. BK, 121°C'de 15 dakika steril edilmiş ve *A. niger* suşları 10⁵ spor kg⁻¹ BK düzeyinde inokule edilmiştir. Örnekler 60°C'de 2 gün inkübe edilmiş ve %90 kuru maddeye ulaşana kadar oda sıcaklığında kurutulmuştur. BK ve fermente BK'nin, ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), ham selüloz (HS), hemiselüloz, nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) düzeyleri ile *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği belirlenmiştir. BK'nin HP ve HK düzeyleri, *A. niger* suşlarının kullanıldığı katı faz fermantasyonu ile artmıştır (P<0.001). Buna karşın, her iki *A. niger* suşu da BK'nin HS, NDF, ADF ve hemiselüloz düzeylerini azaltmıştır (P<0.001). BK'nin HY içeriği, ATCC 200345 ile azaltılırken (P=0.027) ATCC 52172'den etkilenmemiştir (P=0.145). BK'nin *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği her iki *A. niger* suşu ile artırılmıştır (P=0.013). BK'nin HP ve HK düzeyindeki en büyük artış ile hemiselüloz düzeyindeki en büyük düşüş ATCC 52172'den elde edilmiştir (P<0.001). Bununla birlikte, ATCC 200345 kullanılarak fermente edilen BK'nin HS ve ADF düzeyleri ATCC 52172 ile fermente edilen BK'den daha düşük olmuştur (sırasıyla P=0.037 ve P<0.013). Çalışmanın sonuçları, *A. niger* kullanılan katı faz fermantasyonu ile BK'nin besin madde kompozisyonunun ve *in vitro* kuru madde sindirilebilirliğinin iyileştirilebileceğini göstermiştir. BK'nin katı kültür fermantasyonunda daha yüksek HP içeriği için ATCC 52172, daha düşük HS ve ADF içeriği için ATCC 200345 önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Fermantasyon, Mantar, Buğday Kepeği, Besin Madde Kompozisyonu, Sindirilebilirlik.

1. INTRODUCTION

Feed costs account for 70% of the total costs in poultry operations. Protein sources have a significant share in feed costs because they are more expensive than other feeds and are used in high amounts in poultry diets. Therefore, it is necessary to improve the nutritional composition of low-protein feeds and convert them to high-protein feeds to reduce feed costs (Güngör et al., 2017).

Wheat bran (WB) is a by-product of the milling process and contains 17.1% crude protein (CP), 44.6% crude fiber (CF), and 5.8% ash (Shang et al., 2020). The CP content of WB is lower than that of oilseeds. The high CF in WB results in lower digestibility and limits the use of WB in poultry diets (Gallardo et al., 2018).

Solid-state fermentation can improve the nutritional composition and increase the *in vitro* digestibility of feedstuff (Zhang et al., 2006). *Aspergillus niger* is a probiotic microorganism used in poultry diets (Harimurti and Hadisaputro, 2015). Imelda et al. (2008) reported that *A. niger* increased the CP and ash content of WB in solid-state fermentation. However, there is a lack of information on the effect of *A. niger* on the *in vitro* digestibility of WB. Furthermore, Güngör et al. (2017)

reported that different strains of *A. niger* have different effects on the nutritional composition of feedstuffs in solid-state fermentation. The hypothesis of this study was that different *A. niger* strains in solid-state fermentation have different influence on the nutritional composition of WB. The effect of two *A. niger* strains (ATCC 200345 or ATCC 52172) on the nutritional composition and *in vitro* dry matter digestibility of WB was evaluated in this study.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Treatments, Microorganisms and Substrate

The study was conducted with three treatment groups with three replicates in each group. The treatments were unfermented WB (control), fermented WB (FWB) using ATCC 200345 (FWB1) and FWB using ATCC 52172 (FWB2).

The *A. niger* strains used in the study (ATCC 200345 and ATCC 52172) were obtained from the American Type Culture Collection (ATCC). Wheat bran was provided by a local feed mill factory.

2.2. Solid-state Fermentation

Wheat bran was milled to 2 mm and autoclaved at 121°C for 15 min for sterilization prior to fermentation. The nutrient salt ((NH₄)₂SO₄:glucose:KH₂PO₄:urea:peptone:MgSO₄.7H₂O=6:4:4:1:1) was added to the WB to support fungal growth. *A. niger* was inoculated at 10⁵ spores kg⁻¹ WB. Samples were then incubated for 48 hours at 60°C and dried for six days at room temperature until having 90% dry matter, according to Güngör et al. (2020).

2.3. Nutritional Composition

WB and FWB were analyzed to determine the dry matter, ether extract (EE), ash, CP, and CF content according to AOAC (2000). Acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) analyses were performed according to the methods of Van Soest et al. (1991). The hemicellulose content of WB and FWB was obtained by subtracting ADF from NDF.

2.4. In Vitro Digestibility

A pepsin-pancreatin enzymatic assay was performed to determine the *in vitro* dry matter digestibility of WB and FWB according to Yegani et al. (2013). Samples were milled to pass through a 1 mm sieve, and 500 mg were placed in *in vitro* flasks. Then, 25 mL of 0.1 M phosphate buffer and 10 mL of 0.2 M HCl were added to

each flask. The flasks were shaken to mix the samples with the solution. Then 1 mL of porcine pepsin (25 mg mL⁻¹, P-7000, Sigma-Aldrich) was added to the flasks. Chloramphenicol (0.5 mL) was added to each flask to minimize the effects of any bacterial fermentation during the incubation period. The flasks were shaken again and then placed in a shaking incubator (100 rpm, 41°C) for 2 hours.

At the end of the incubation, 5 mL of 0.6 M NaOH and 10 mL of 0.2 M phosphate buffer were added to each flask. After shaking the flasks, 1 mL of porcine pancreatin (100 mg mL⁻¹, P1750; Sigma-Aldrich) containing protease, lipase, and amylase was added to each flask. The flasks were shaken and incubated for 4 hours (100 rpm, 41°C). After removing the flasks from the incubator, 5 mL of 20% sulfosalicylic acid was added to each flask. The flasks were kept at room temperature for 30 min, and then the contents of the flasks were filtered through Whatman No. 54 filter papers (Whatman Inc., Florham Park, NJ). The filter papers before the process and residues collected on the filter papers were dried at 80°C overnight. The *in vitro* dry matter digestibility was calculated using the following formula:

$$\text{In vitro dry matter digestibility (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{in vitro residue weight (g)}}{\text{sample weight (g)}} \right) \times 100$$

2.5. Statistical Analysis

All experiments were performed with three replicates. Differences between treatments were tested by ANOVA using SPSS software (SPSS 21.0 Statistics). The means of the treatments were separated by the TUKEY test. The level of statistical significance was set at $P \leq 0.05$.

3. RESULTS

The nutritional composition of unfermented and fermented WB using *A. niger* is shown in Table 1. The CP and ash contents of WB were increased ($P < 0.001$) by solid-state fermentation. However, solid-state fermentation decreased ($P < 0.001$) the CF, NDF, ADF, hemicellulose, and nitrogen-free extract (NFE) contents of WB. The EE content of the FWB1 group was higher ($P = 0.027$) than that of the WB group, but it is similar ($P = 0.145$) to that of the FWB2 group. The FWB2 had higher ($P < 0.001$) CP and ash content than FWB1. In addition, CF and ADF levels were lower in FWB1 compared to FWB2 ($P = 0.037$ and $P = 0.013$, respectively). However, FWB1 had higher ($P = 0.027$ and $P = 0.003$, respectively) hemicellulose and NFE content than FWB2. Fermented wheat brans had similar ($P = 0.856$) NDF contents.

Table 1. Nutritional composition of WB and FWB using two *A. niger* strains

Nutrients (% dry matter)	WB	FWB1	FWB2	SEM	P
Crude Protein	16.87 ^c	31.53 ^b	33.51 ^a	2.626	<0.001
Ether Extract	3.15 ^a	2.04 ^b	2.46 ^{ab}	0.194	0.031
Ash	5.51 ^c	10.57 ^b	11.22 ^a	0.904	<0.001
NFE	63.53 ^a	46.87 ^b	43.01 ^c	3.157	<0.001
Crude Fiber	10.95 ^a	8.97 ^c	9.79 ^b	0.300	<0.001
NDF	43.52 ^a	29.87 ^b	30.01 ^b	2.265	<0.001
ADF	13.46 ^a	10.46 ^c	11.87 ^b	0.449	<0.001
Hemicellulose	30.06 ^a	19.41 ^b	18.14 ^c	1.893	<0.001

WB: wheat bran, FWB1: fermented wheat bran by *Aspergillus niger* ATCC 200345, FWB2: fermented wheat bran by *Aspergillus niger* ATCC 52172

The *in vitro* dry matter digestibility of WB and FWB using *A. niger* is shown in Table 2. Both *A. niger* strains increased ($P<0.001$) the *in vitro* dry matter digestibility of WB. In addition, the *in vitro* dry matter digestibility of FWB1 tended ($P=0.060$) to be higher than that of the FWB2.

Table 2. *In vitro* dry matter digestibility of WB and FWB using two *A. niger* strains

Digestibility (%)	WB	FWB1	FWB2	SEM	P
Dry Matter	39.73 ^b	56.30 ^a	48.10 ^a	2.661	0.001

WB: wheat bran, FWB1: fermented wheat bran by *Aspergillus niger* ATCC 200345, FWB2: fermented wheat bran by *Aspergillus niger* ATCC 52172

4. DISCUSSION

Solid-state fermentation is a useful method for improving the nutritional composition of feedstuffs and enhancing nutrient digestibility (Gungor and Erenner, 2020). In the present study, the nutritional composition of WB was improved through solid-state fermentation using *A. niger*. Similarly, *A. niger* improved the nutritional quality of WB by increasing CP, ash, and amino acid content through solid-state fermentation (Imelda et al., 2008). *Aspergillus niger* also increased the *in vitro* dry matter digestibility of WB in this study. Similar to the results of the present study, *in vitro* dry matter digestibility of pomegranate seed was improved by solid-state fermentation using *A. niger* (Güngör et al., 2020).

Protein is an important nutrient that animals need to maintain their development. The protein content of feed is an important factor in determining its price. Solid-state fermentation using *A. niger* increased the CP level of WB in this study.

Similarly, Imelda et al. (2008) reported increased CP and amino acid levels in WB through solid-state fermentation. *Aspergillus niger* can produce various digestive enzymes such as protease, cellulase, and hemicellulase (Kang et al., 2004; de Castro et al., 2015). Several studies have shown that WB is a suitable substrate for *A. niger* to produce protease and xylanase enzymes (Couri et al., 2000; de Castro et al., 2015). The increase in the CP content of WB may be due to microbial proteins such as filamentous fungi (*A. niger*) and enzymes produced during solid-state fermentation.

Aspergillus niger can produce cellulolytic enzymes such as cellulase and hemicellulase in WB during solid-state fermentation (Kang et al., 2004). Both *A. niger* strains reduced the CF, hemicellulose, NDF, and ADF content of WB in this study. Similarly, *A. niger* reduced the CF, NDF, and ADF content of hazelnut kernel meal (Altop et al., 2019). The hemicellulose content of cottonseed, sunflower, and hazelnut kernel meals was reduced by solid-state fermentation using *A. niger*. Cellulolytic enzymes can degrade the structural carbohydrates such as cellulose and hemicellulose in WB and lignin and cause a decrease in the CF, hemicellulose, NDF and ADF content of WB.

Aspergillus niger can enrich the substrates with various digestive enzymes such as protease, cellulase, and hemicellulase (Kang et al., 2004; de Castro et al., 2015). Solid-state fermentation can increase the nutrient digestibility of feeds by reducing the level of structural carbohydrates in feeds that are difficult to digest (Güngör et al., 2020). Similarly, chickens received diets supplemented with fermented sour cherry kernel had higher dry matter digestibility than the control chickens due to reduced CF content and enzymes produced during fermentation (Gungor and Erenner, 2020). Both *A. niger* strains increased WB's *in vitro* dry matter digestibility in the present study. Similarly, Güngör et al. (2020) showed an increased *in vitro* dry matter digestibility of pomegranate seeds by *A. niger* solid-state fermentation. The increased *in vitro* dry matter digestibility may be due to the reduced CF content and digestive enzymes produced in WB during solid-state fermentation.

Aspergillus spp. can produce microbial lipids during solid-state fermentation and increase the EE content of the substrate after fermentation (Hui et al., 2010). Solid-state fermentation using *A. niger* increased the EE content of WB up to the first four days, but the longer fermentation times caused a decrease in the EE content of WB, similar to the results of the present study (Imelda et al., 2008). Similarly, reduced EE content was reported by *A. niger* after solid-state fermentation in cottonseed meal and sunflower meal (Altop et al., 2019). In addition, *A. niger* ATCC 200345 reduced the EE content of WB; however, *A. niger* ATCC 52172 did not affect the EE content of WB in this study. This result confirms the hypothesis of the present study that different strains have different effects on the nutrient content of the substrate. Similarly, two studied *A. niger* strains did not change the EE content of sour cherry kernels, but one *A. niger* strain decreased the EE content in solid-state fermentation (Güngör et al., 2017).

Some minerals can be accumulated by the microorganism during solid-state fermentation, leading to an increase in the ash content of the substrates (Xiao et al., 2021). Both *A. niger* increased the ash content of WB in this study. Imelda et al. (2008) also showed that the ash content of the WB increased from the first day of the solid-state fermentation with *A. niger*. Similar results were also reported in the studies on cottonseed meal, sunflower meal, and hazelnut kernel meal (Altop et al., 2019).

Microorganisms prefer to use carbohydrates as a carbon source rather than other nutrients. In this study, solid-state fermentation caused a decrease in the NFE content of WB. Similarly, Imelda et al. (2008) found that the total carbohydrate content of WB was reduced by solid-state fermentation using *A. niger*. The decrease in the NFE content of WB can be attributed to the consumption of the carbohydrate content of WB by *A. niger*. Similarly, the NFE content of sunflower meal and hazelnut kernel meal was reduced after solid-state fermentation (Altop et al., 2019).

5. CONCLUSION

In conclusion, solid-state fermentation using *A. niger* can increase the *in vitro* dry matter digestibility and improve the nutritional composition of WB by increasing the CP and ash content and decreasing the structural carbohydrate content. ATCC 52172 can be recommended for the higher CP content and ATCC 200345 for the lower CF and ADF content of WB in solid-state fermentation. Further detailed studies need to be conducted to verify the results of the present study.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: AA(%30), EG(%40), GE(%30)

Data Acquisition: AA(%20), EG(%40), ŞÖ(%30), GE(%10)

Data Analysis: AA(%15), EG(%30), ŞÖ(%40), GE(%15)

Writing Up: AA(%20), EG(%40), ŞÖ(%20), GE(%20)

Submission and Revision: AA(%10), EG(%60), ŞÖ(%20), GE(%10)

REFERENCES

- Altop, A., Güngör, E., Erener, G., 2019. Improvement of nutritional quality of some oilseed meals through solid-state fermentation using *Aspergillus niger*. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(9): 1411-4. doi:10.24925/turjaf.v7i9.1411-1414.2721
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International (17. Edition). ABD: AOAC International; 2000.
- Couri, S., da Costa Terzi, S., Pinto, G.A.S., Freitas, S.P., da Costa, A.C.A., 2000. Hydrolytic enzyme production in solid-state fermentation by *Aspergillus niger* 3T5B8. Process Biochemistry, 36(3): 255-61.
- de Castro, R.J.S., Ohara, A., Nishide, T.G., Bagagli, M.P., Dias, F.F.G., Sato, H.H., 2015. A versatile system based on substrate formulation using agroindustrial wastes for protease production by *Aspergillus niger* under solid state fermentation. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 4(4): 678-84.
- Gallardo, C., Dadalt, J.C., Trindade Neto, M.A., 2018. Nitrogen retention, energy, and amino acid digestibility of wheat bran, without or with multicarbohydrase and phytase supplementation, fed to broiler chickens. Journal of Animal Science, 96(6): 2371-9.
- Gungor, E., Erener, G., 2020. Effect of dietary raw and fermented sour cherry kernel (*Prunus cerasus* L.) on digestibility, intestinal morphology and caecal microflora in broiler chickens. Poultry Science, 99(1): 471-8.
- Güngör, E., Altop, A., Erener, G., 2020. Improvement in the nutritional composition and nutrient digestibility of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed by *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger* solid-state fermentation. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35(3): 268-73.
- Güngör, E., Altop, A., Öztürk, E., Erener, G., 2017. Nutritional changes of sour cherry (*Prunus cerasus*) kernel subjected to *Aspergillus niger* solid-state fermentation. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty: 99-103.
- Harimurti, S., Hadisaputro, W. Probiotics in poultry. In: Liong M-T, editor. Beneficial microorganisms in agriculture, aquaculture and other areas. Switzerland: Springer Cham; 2015. p. 1-19.
- Hui, L., Wan, C., Hai-Tao, D., Xue-jiao, C., Qi-Fa, Z., Yu-Hua, Z., 2010. Direct microbial conversion of wheat straw into lipid by a cellulolytic fungus of *Aspergillus oryzae* A-4 in solid-state fermentation. Bioresource Technology, 101(19): 7556-62.
- Imelda, J., Paulraj, R., Bhatnagar, D., 2008. Effect of solid state fermentation on nutrient composition of selected feed ingredients. Indian Journal of Fisheries, 55(4): 327-32.
- Kang, S., Park, Y., Lee, J., Hong, S., Kim, S., 2004. Production of cellulases and hemicellulases by *Aspergillus niger* KK2 from lignocellulosic biomass. Bioresource Technology, 91(2): 153-6.
- Shang, Q., Wu, D., Liu, H., Mahfuz, S., Piao, X., 2020. The impact of wheat bran on the morphology and physiology of the gastrointestinal tract in broiler chickens. Animals, 10(10): 1831.
- Van Soest, P.v., Robertson, J., Lewis, B., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-97.
- Xiao, Y., Huang, Y., Chen, Y., Fan, Z., Chen, R., He, C., Li, Z., Wang, Y., 2021. Effects of solid-state fermentation with *Eurotium cristatum* YL-1 on the nutritional value, total phenolics, isoflavones, antioxidant activity, and volatile organic compounds of black soybeans. Agronomy, 11(6): 1029.
- Yegani, M., Swift, M., Zijlstra, R., Korver, D., 2013. Prediction of energetic value of wheat and triticale in broiler chicks: A chick bioassay and an *in vitro* digestibility technique. Animal Feed Science and Technology, 183(1-2): 40-50.
- Zhang, W.-j., Xu, Z.-r., Sun, J.-y., Yang, X., 2006. Effect of selected fungi on the reduction of gossypol levels and nutritional value during solid substrate fermentation of cottonseed meal. Journal of Zhejiang University-Science B, 7(9): 690-5.



Effect of Drought Stress on Yield and Some Morphological Characteristics in Wheat

Kuraklık Stresinin Buğdayda Verim ve Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi

Rohat GÜLTEKİN¹, Tuğba YETER², Ceren GÖRGİŞEN³

¹Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Ankara
· rohat.gultekin@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0001-9834-4765

²Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Ankara
· tugba.yeter@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-0586-1366

³Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Ankara
· ceren.gorgisen@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-8348-1094

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 12 Eylül/September 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 26 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 247-267

Atıf/Cite as: Gültekin, R., Yeter, T., Görgişen, C. "Effect of Drought Stress on Yield and Some Morphological Characteristics in Wheat" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 247-267.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Rohat GÜLTEKİN

EFFECT OF DROUGHT STRESS ON YIELD AND SOME MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN WHEAT

ABSTRACT

This study aimed to determine the impact of different irrigation levels as a drought factor on the water productivity and yield of Tosunbey variety wheat. Conducted between 2018 and 2020 at the Sarayköy Research and Application Station in Ankara Province, the experiment employed a randomized block design with three irrigation levels and three replications. Significant effects of irrigation levels on the yield and various morphological parameters of wheat plants were observed. The I100 treatment, which was irrigated up to field capacity, achieved the highest yield with an average of 6.55 tons ha⁻¹ over the two growing seasons. In contrast, the rainfed treatment (I0) showed a yield reduction of approximately 80.99% and 77.77% compared to the I100 treatment across the two years, respectively. Water productivity analyses (IWP) revealed average values of 1.74 kg m⁻³ and 1.55 kg m⁻³ for the I100 and I50 treatments, respectively. The highest outcomes, both in terms of yield and water productivity, were obtained under the I100 irrigation management where irrigation was applied up to field capacity. Correlation analyses conducted during the study identified significant relationships between different drought stress applications and morphological parameters in wheat. These findings are expected to contribute to the understanding of optimal irrigation strategies to maximize water efficiency and enhance crop performance in wheat cultivation.

Keywords: Drip Irrigation, Drought Stress, Wheat, Deficit Irrigation.



KURAKLIK STRESİNİN BUĞDAYDA VERİM VE BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışma, kuraklık faktörü olarak farklı sulama düzeylerinin Tosunbey çeşidi buğdayın su üretkenliğine ve verimine etkisi belirlemek amacıyla 2018-2020 yıllarında Ankara İlinde, Sarayköy Araştırma ve Uygulama İstasyonu'nda yürütülmüştür. Üç sulama seviyesi ve üç tekerrürlü olarak tesadüf blokları desenine göre yürütülen çalışmada, sulama düzeylerinin buğday bitkisinin verim ve bazı morfolojik parametreleri üzerinde önemli etkileri gözlemlenmiştir. Tarla kapasitesi düzeyinde sulamanın yapıldığı I100 konusunda, her iki yetiştirme sezonunda ortalama 6.55 ton ha⁻¹ ile en yüksek verim elde edildi. Buna karşılık, yağışa dayalı konu (I0), I100 konusu ile karşılaştırıldığında her iki yılda sırasıyla yaklaşık

%80.99 ve %77.77 oranında verimde düşüş göstermiştir. Su üretkenliği analizlerinde (IWP) I100 ve I50 konularında sırasıyla ortalama 1.74 ve 1.55 kg m⁻³ değerleri elde edildi. En yüksek bulgular, hem verim hem de su üretkenliği açısından, tarla kapasitesine kadar sulamanın uygulandığı (I100) sulama yönetiminde elde edilmiştir. Yapılan korelasyon analizlerinde farklı kuraklık stresi uygulamaları altında buğdayda morfolojik parametreler arasında önemli düzeyde ilişki belirlenmiştir. Bu bulgular, buğday yetiştiriciliğinde su verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve ürün performansını artırmak için optimal sulama stratejilerini anlama konusuna katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Damla Sulama, Kuraklık Stresi, Buğday, Kısıntılı Sulama.



INTRODUCTION

Climate change is one of the largest environmental challenges facing the world. This has led to significant changes in weather patterns and increased the frequency and severity of droughts. Drought is a major problem in agriculture and significantly affects crop productivity, quality, and yield. Wheat, which is one of the most important cereal crops worldwide, is highly sensitive to drought stress, and its productivity is significantly reduced during drought periods (Hammad and Ali, 2014; Kizilgeçi et al., 2017; Zia et al., 2021).

Wheat production is of great importance for global food security because wheat is one of the most widely cultivated and consumed crops worldwide. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), wheat is the second most important cereal crop globally after maize. In 2020, the world produced more than 763 million tons of wheat, with the largest producers being China, India, and Russia (FAO, 2020).

However, the production of wheat and other crops is increasingly threatened by water scarcity, which is a major challenge for agricultural production in many parts of the world. Water scarcity refers to a situation in which the demand for water exceeds the available supply, either because of physical scarcity or the poor management of water resources. Climate change, population growth, and increased water consumption in other sectors exacerbate water scarcity. Wheat is a water-intensive crop and its production requires large amounts of water (Kehl, 2020; Li et al., 2022; Tribouillois et al., 2022). In many parts of the world, water scarcity has led to reduced yields and productivity of wheat crops. Furthermore, competition for water resources between agriculture, industry, and households is likely to intensify in the coming years, putting further pressure on wheat production and food security. To address the challenge of water scarcity and ensure sustainable wheat

production, it is important to adopt more efficient water management practices such as drip irrigation, deficit irrigation, and rainwater harvesting. These practices can help reduce water use in wheat production while maintaining or even increasing yields. Additionally, there is a need to invest in research and development to develop drought-tolerant and water-efficient wheat varieties that can withstand the challenges of water scarcity and climate change.

One of the strategies used to mitigate the effects of drought on crop productivity is deficit irrigation, which involves reducing the amount of water applied to the crop to a level below the full crop water requirements (Singh et al., 2019; Ahmadian et al., 2021; Abdelrasheed et al., 2021). This approach helps conserve water resources while ensuring that crops receive the minimum amount of water needed for their survival. Drip irrigation is an efficient technique widely used in deficit irrigation to directly apply water to the crop root zone (Si et al., 2020; Wang et al., 2021; Mattar et al., 2021). This technique ensures that water is used efficiently and reduces water loss due to evaporation and runoff. Recent studies have shown that deficit drip irrigation can be an effective strategy for increasing crop productivity and water-use efficiency in wheat under drought conditions (Abd El-Mageed et al., 2019; Tunc et al., 2019; El-Mageed et al., 2022; Lu et al., 2022). However, the effects of different levels of drought stress and the application of deficit drip irrigation on wheat productivity and morphological characteristics have not been fully explored. Understanding the effects of these factors on wheat productivity and morphological characteristics can help optimize the use of water resources and improve wheat productivity under drought stress.

In conclusion, world wheat production is essential for global food security, but is threatened by water scarcity. Addressing this challenge will require concerted efforts by governments, farmers, and the private sector to adopt more efficient water management practices and invest in the research and development of new technologies and varieties that can ensure sustainable wheat production in a water-scarce world.

Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of different levels of water limitation as drought stress factors on yield and morphological parameters in wheat. The impact of the stress mechanism on wheat was examined by revealing the relationships among the physiological parameters of wheat. The findings from this research will enhance comprehension regarding the effects of drought stress on wheat and aid in the formulation of sustainable irrigation strategies to enhance wheat productivity in drought conditions.

MATERIAL AND METHODS

2.1. Experimental site

The information regarding the location where the research was conducted is reported in Gultekin et al. (2023). In this study, the test crop used was the Tosunbey wheat variety. Some soil properties from the field experiment conducted for two years are given in Table 1.

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experimental field

Depth (m)	Sand (%)	Loam (%)	Clay (%)	Texture	Bulk (g cm ⁻³)	Field		Wilting		Available Water (mm)
						%	mm	%	mm	
0.0-0.3	16.90	31.20	51.90	C	1.18	40.0	142	22.3	79	63
0.3-0.6	12.80	32.00	55.20	C	1.15	40.3	138	23.7	81	57
0.6-0.9	11.70	34.30	54.00	C	1.19	42.2	150	24.0	87	63

Depth (m)	EC (dS m ⁻¹)	pH (Sat.Mud)	Organic Matter (%)	Phosphorus P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	Potassium K ₂ O (kg da ⁻¹)
0.0-0.3	0.77	7.99	1.23	5.40	182.0
0.3-0.6	0.80	7.98	1.18	4.0	168.0
0.6-0.9	0.90	7.96	1.15	1.50	157.0

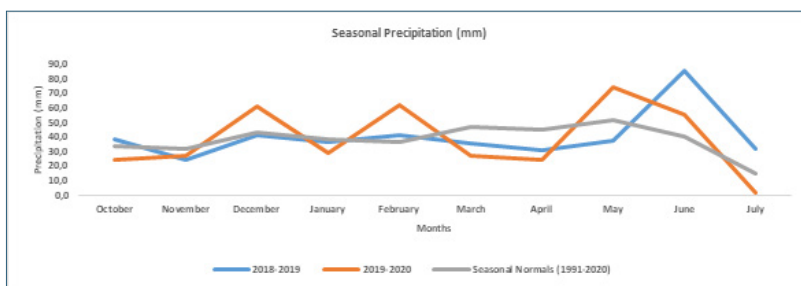
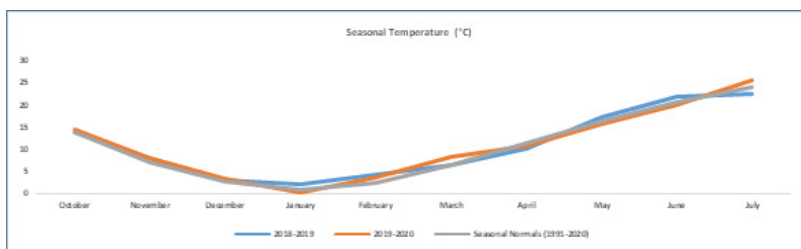
Table 1 provides information regarding the physical properties of the soil in the experimental field. At a depth of 0.0-0.3 meters, the soil contained 16.90% sand, 31.20% loam, and 51.90% clay, indicating a predominantly clay texture. The bulk density of the soil was 1.18 g cm⁻³. The field capacity (Tüzüner, 1990) was 40.0%, suggesting that the soil could hold the highest amount of water. The wilting point was 142 mm, which represents the moisture level at which plants start to experience water stress. The available water content was 22.3% or 79 mm, indicating the amount of water available to plants between field capacity and wilting point. The soil also had an EC of 0.91 dS m⁻¹, pH of 7.9, organic matter percentage of 0.26%, phosphorus content of 6.7 kg da⁻¹, potassium content of 179.0 kg da⁻¹, total nitrogen percentage of 0.06%, and calcium carbonate percentage of 12.8%. Similarly, at depths of 0.3-0.6 meters and 0.6-0.9 meters, the soil composition and properties are provided. These depths show slightly different percentages of sand, loam, and clay but still exhibit a clay texture.

Within this investigation, the utilized irrigation water fell under the classification of C₃S₂ (USSL, 1954). Consequently, the irrigation water was deemed satisfactory concerning its salinity levels and moderately basic properties (Table 2).

Table 2. Some characteristics of the irrigation water used in the study.

EC (dSm ⁻¹)	pH	Exchangeable Cations (meL)					Soluble Anions (meL)					SAR	Class
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Top	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Top		
2.05	8.51	1.27	6.2	10.9	0.2	18.6	0.69	5.38	7.27	5.25	18.6	5.63	C ₃ S ₂

The seasonal precipitation and temperature values for the years 2019-2020, during which the experiment was conducted, are presented in Figures 1 and 2.

**Figure 1.** The precipitation values for the years of the experiment and the long-term average**Figure 2.** The temperature values for the years of the experiment and the long-term average

Accordingly, the annual precipitation (382.0 mm) for the first year was the same as the average seasonal normal (381.1 mm). The annual precipitation (384 mm) for the second year was also nearly the same as the average seasonal normal. According to these comparisons, precipitation was relatively at the same level as the long-term average seasonal normals in both the 2018-2019 and 2019-2020 periods.

2.2. Design of the Experiment and Cultivation Techniques

The experimental setup involved a randomized block design, which included four different irrigation regimes and was replicated three times. The dimensions of

each plot were set at 3.0 meters in width and 5.0 meters in length. To mitigate the effects of lateral water movement, non-irrigated buffer zones of 2.0 meters were established between adjacent plots, and a distance of 3.0 meters was maintained between blocks (Aritürk and Erdem, 2011). Site preparation for the experiment was conducted in the autumn prior to the spring planting, involving plowing and raking. In the first year of the study, wheat planting was done on 24.10.2018 and harvest was done on 23.07.2019. In the second year, wheat planting was carried out on 29.10.2019 and harvesting was carried out on 18.07.2020. The variety of wheat used for testing was Tosunbey, which was sown at a row spacing of 0.15 meters. The fertilization protocol included an application of 25 kg per hectare of diammonium phosphate (DAP) as a base fertilizer, complemented by 15 kg per hectare of ammonium sulfate (AS) delivered through a drip irrigation system subsequent to the initial watering. Neutron metering was utilized to monitor soil water content prior to each irrigation. The experimental field was segmented into 12 plots arranged according to the randomized block design, with each treatment replicated three times.

2.3. Irrigation

For the experiment, a drip irrigation system was employed, drawing water from a well situated within the research area. Typically, existing literature primarily focuses on supplemental irrigation concerning wheat water requirements. However, in this particular study, a comprehensive approach was adopted by implementing both full and deficit irrigation strategies throughout the entire growth cycle of the plants in response to soil moisture depletion. To ensure optimal pressure, the irrigation system utilized lateral pipes with a diameter of 16 mm and dripper spacing set at 0.33 m. The emitter flow rate was 2.0 L/h. These lateral pipes were installed at intervals of 0.40 m. The irrigation treatments used in this study were as follows:

I₀ - Rainfed treatment.

I₅₀ - Applying 50% of the water given for I100

I₁₀₀ - Irrigation up to field capacity.

Irrigation was applied when 50% of the available water capacity in the topsoil layer (0-60 cm depth) was depleted.

Soil water content was determined using a neutron meter. Prior to irrigation, neutron-meter readings were recorded at soil depths of 0-30 cm, 30-60 cm, and 60-90 cm for calibration purposes. These values were then plotted alongside the soil water values obtained through the gravimetric method at the corresponding depths. Based on this data, a calibration equation was established (Figure 3).

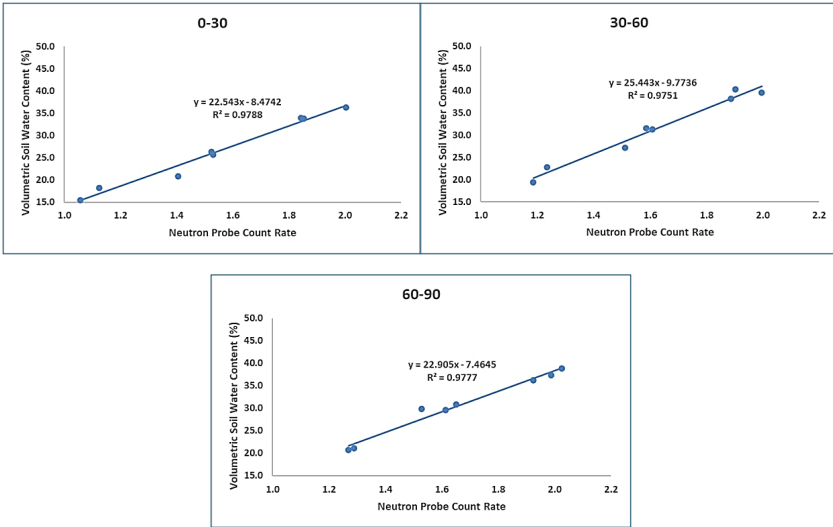


Figure 3. Neutronmeter calibration charts

To calculate the amount of irrigation water applied to the plots, the volumetric soil water content was assessed using a neutron meter, as described by Tüzüner (1981).

$$\theta_h = a + b (SO) \tag{1}$$

where θ_h represents the volumetric soil water content (%), a is the calibration curve constant, b is the slope of the calibration line, SO is the count ratio ($SO = S/SS$), S is the neutron-meter count reading value, and SS is the standard count value.

$$AW = \theta_h \times \gamma_t \times D / 100 \tag{2}$$

where AW represents the current soil moisture (mm), γ_t represents the bulk density of the soil ($g\ cm^{-3}$), and D represents the depth of the soil to be irrigated (mm).

The amount of irrigation water applied was calculated using the following equation.

$$I = \frac{TK - MN}{100} \cdot \gamma_t \cdot D \cdot p \tag{3}$$

where I represents the net irrigation water amount (mm), TK represents the field capacity (%), γ_t represents the bulk density of the soil ($g\ cm^{-3}$), MN represents

the current soil moisture (%), D represents the depth of irrigated soil (mm), and p represents the wetting ratio (strip width of the wetted area/lateral spacing).

Crop water consumption was calculated using Equation 4 based on the water budget, taking into account the measured soil moisture values before each irrigation application (Allen et al., 1998).

$$ET_a = I + P + Cr \pm \Delta S - DP - RO \quad (4)$$

In the equation: ET : Crop water consumption, mm, I : Applied irrigation water, mm, P : Precipitation, mm, DP : Deep percolation, mm, ΔS : Change in soil moisture content in the profile, mm, RO : Surface runoff, mm, Cr : Capillary rise. In this study, irrigation applications were conducted based on the soil moisture deficit using drip irrigation, and because there were no groundwater issues in the field, the values of surface runoff and capillary rise were considered to be zero.

2.4. Water Productivity

Water productivity was assessed through the division of the crop yield by the amount of water employed. In order to ascertain water economic productivity (WEP), the net income per unit area was divided by the specific irrigation water utilized in that particular region, as elucidated in the investigations conducted by Paredes et al. (2014), and Cetin and Kara (2019).

The computation of water productivity was carried out using the equation put forth by Cetin and Kara (2019), Oweis and Hachum (2003), and Tavakol et al. (2012);

$$WP_R = \frac{Y}{R} \quad (5)$$

$$WP_{ET_a} = \frac{Y}{ET_a} \quad (6)$$

$$IWP = \frac{Y}{I} \quad (7)$$

$$WP_{I+R} = \frac{Y}{I+R} \quad (8)$$

$$WP_{I-R} = \frac{YI}{I} \quad (9)$$

Where; WP_R : Rainfall water productivity under combined rainfall and irrigation conditions, Y : Average yield achieved under rainfall and irrigation over a span of two experimental years, R : Amount of rainfall received during the growing season, WP_{ETa} : Water productivity for actual crop evapotranspiration (kg m^{-3}), ETa : Actual crop evapotranspiration ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), IWP : Irrigation water productivity for the quantity of irrigation water applied in the presence of rainfall, YI : Yield increment solely attributed to irrigation (kg ha^{-1}), I : Quantity of irrigation water applied ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), Y_{I+R} : Yield under rainfall and all treatments combined (kg ha^{-1}), R : Amount of rainfall ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), WP_{I+R} : Water productivity under combined rainfall (R) and irrigation (I) conditions ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), WP_{I-R} : Water productivity excluding rainfall, based on the yield increment solely attributed to irrigation.

2.5. Statistical Analysis

The data obtained in the study were subjected to analysis of variance using JMP v17 statistical software and were grouped according to the Tukey test at the $p \leq 0.05$ probability level. Three replicates were performed for each analysis, and the outcomes were presented as the average value accompanied by the standard deviation (Yurtsever, 2011).

3. RESULTS

3.1 Water Consumption

The plant water consumption values for both years of the research are given in Table 3. and Table 4 displays the data concerning water productivity, which is obtained from yield parameters and associated with the values of plant water consumption in a two-year study. In both years of the study, for the I_{50} and I_{100} treatments, soil water contents were brought up to field capacity (FC) level prior to the deficit irrigation treatments. Accordingly, in the first year of the study, 46.6 mm of irrigation water was applied to the I_{50} and I_{100} treatments for the FC level, and in the second year, 42.3 mm was applied. The first irrigation was conducted at the budding stage. Subsequently, irrigations were carried out according to the subjects when the available water amount in the 0-60 cm soil profile decreased by 50%. Irrigations were terminated when the wheat grains entered the dough stage. During this period, irrigation was conducted five times in each of the two years.

Table 3. Corp water consumption

Growing Seasons	Treatments	I (mm)	R (mm)	λS	ETa (mm)
2018-2019	I_0	0		-58.4	440.4
	I_{50}	216.7	382	-23.6	622.3
	I_{100}	386.7		9.1	759.6
2019-2020	I_0	0		-48.5	432.5
	I_{50}	203.7	384	-24.8	612.5
	I_{100}	365.1		-6.8	755.9

I: Irrigation; R: precipitation; λS : water exchange in soil; ETa: Actual evapotranspiration

Table 4. Water productivity according to the experimental treatments.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Growing Seasons	Treatments	Y (t ha ⁻¹)	I (mm)	R (mm)	ETa (mm)	YI (t ha ⁻¹)	WP _R (kg m ⁻³)	WP _{ETa} (kg m ⁻³)	IWP (kg m ⁻³)	WP _{I+R} (kg m ⁻³)	WP _{I+R} (kg m ⁻³)
2018-2019	I0	1.26 c	0		440.4	-	0.33	0.29	-	0.33	-
	I50	3.08 b	216.7	382	622.3	1.82	0.81	0.49	1.42	0.51	0.84
	I100	6.67 a	386.7		759.6	5.41	1.75	0.88	1.72	0.87	1.40
2019-2020	I0	1.43 c	0		432.5	-	0.37	0.33	-	0.37	-
	I50	3.43 b	203.7	384	612.5	2	0.89	0.56	1.68	0.58	0.98
	I100	6.44 a	365.1		755.9	5.01	1.68	0.85	1.76	0.86	1.37

Where; I_0 : rainfed, I_1 : applying 50% of the water given for I100, I100: irrigation up to field capacity, Y: yield, I: irrigation amount, R: rain, ETa: actual evapotranspiration, YI: yield increased by only irrigation, WP_R: rainfall water productivity under rainfall, WP_{ETa}: actual crop evapotranspiration, IWP: irrigation water productivity, WP_{I+R}: water productivity under rainfall, WP_{I+R}: water productivity without rainfall

Statistical analysis of the experimental results provides valuable insights into the performance of different treatments during the growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020. The results indicated significant variations in yield (Y), irrigation amount (I), rainfall (R), actual evapotranspiration (ETa), and yield increase per unit of irrigation (YI). These results indicate that compared to Treatment I_{100} , Treatment I50 shows a significant decrease in yield of approximately 53.81% in the 2018-2019 season and 46.76% in the 2019-2020 season. Similarly, Treatment I_0 exhibits the highest decrease in yield, with reductions of approximately 80.99% and 77.77% for the respective growing seasons. This suggests that as the treatment level decreases from I_{100} to I_0 , there is a significant decline in yield during both growing seasons. These findings highlight the significance of proper irrigation management and the effectiveness of Treatment I_{100} in achieving higher yields, whereas

Treatment I_{50} has the potential to optimize water use efficiency and improve water productivity. The yield values obtained in the study were found to be lower than the values reported by Chen et al. (2015), Mostafa et al., (2018), and Eissa et al. (2018), and similar to the findings of Wang et al. (2013), and Dar et al. (2017). It is believed that the wheat variety used, differences in fertilizer and water levels, and the climatic conditions of the location where the experiment was conducted have an impact on the findings.

ETa values among the treatments, I_{100} consistently has the highest ETa value, while treatments I_0 and I_{50} show percentage differences relative to the highest value. These differences highlight the disparities in evapotranspiration rates among the treatments, indicating potential variations in water use and crop performance. The values obtained in the study were found to be higher than the values reported by Umair et al. (2019), Bai et al. (2020), Shen et al. (2020), Yang et al. (2020). It can be said that the differences in wheat varieties, climate variations, and variations in agricultural practices have been influential in the differences observed in the literature findings.

In the 2018-2019 growing season, the WP_R values were recorded as 0.33 for treatment I_0 , 0.81 for treatment I_{50} , and 1.75 for treatment I_{100} . Comparing these values, we can observe significant variations in water productivity among the treatments. Treatment I_{100} had the highest water productivity, which was approximately 116% higher than treatment I_{50} . In the 2019-2020 growing season, treatment I_0 had a WP_R value of 0.37, treatment I_{50} had a value of 0.89, and treatment I_{100} had a value of 1.68. Here, treatment I_{100} again displayed the highest water productivity, similar to the previous season. The differences among treatments can be seen as treatment I_{100} being approximately 88.8% higher than treatment I_{50} . These percentage differences highlight the significant impact of the treatments on water productivity and suggest the importance of selecting the appropriate treatment for maximizing water efficiency in wheat production. The values obtained in the study were found to be higher than the values reported by Hagos G. L., (2005), Cetin and Akinci, (2022). For WP_{ETa} compared to treatment I_{100} , treatment I_{50} exhibited a decrease of approximately 56% in WP_{ETa} , while treatment I_0 showed a larger decrease of approximately 67% in WP_{ETa} during the 2018-2019 growing season. During the 2019-2020 growing season compared to treatment I_{100} , treatment I_{50} exhibited a decrease of approximately 34% in WP_{ETa} , while treatment I_0 showed a larger decrease of approximately 61% in WP_{ETa} . These percentage differences highlight the significant disparities in water productivity among the treatments, indicating potential variations in water use efficiency and crop performance. The obtained WP_{ETa} values were found to be higher than those reported by Cetin and Akinci, (2022). When the obtained IWP data is examined, in the first year of the study treatment I_{50} exhibited an IWP value of 1.42, while treatment I_{100} demonstrated a higher IWP value of 1.72. Moving on to the second year, the IWP values for treatments I_{50} and I_{100}

were 1.68 and 1.76, respectively. Consistent with the previous season, treatment I_{100} maintained its superiority in terms of irrigation water productivity. Collectively, these findings underscore the consistently superior performance of treatment I_{100} in terms of irrigation water productivity across both growing seasons. On the other hand, it can be said that in irrigation at I50 level, the decrease in water productivity has increased to acceptable levels. Irrigation at I50 level can be recommended, especially in conditions of insufficient water resources. The obtained IWP (Irrigation Water Productivity) values were found to be higher than the findings reported by Liu et al., (2007), Faramarzi et al., (2010,) and Cetin and Akinci, (2022), and were lower than Degirmenci et al. (2017). High IWP should be considered an important target in agricultural water management. It can be stated that the main reason for the differences between the findings obtained in the study and the literature findings is due to some variations in agricultural practices and climate conditions.

In the 2018-2019 growing season, the water productivity with irrigation + rainfall (WP_{I+R}) values were assessed for three treatments: I_0 , I_{50} , and I_{100} , with values of 0.33, 0.51 and 0.87, respectively. The observed variations in water productivity among the treatments indicate significant differences in their performance. Treatment I_{100} exhibited the highest water productivity, surpassing treatment I_0 by approximately 163% and treatment I_{50} by approximately 89.1%. These findings highlight the substantial impact of treatment I_{100} in enhancing water productivity. In the second year of study, the WP_{PI+R} values for treatments I_0 , I_{50} , and I_{100} were 0.37, 0.58, and 0.86, respectively. Consistent with the previous season, treatment I_{100} showcased the highest water productivity with irrigation plus rainfall. The percentage differences among treatments revealed that treatment I_{100} outperformed treatment I_0 by approximately 132% and treatment I_{50} by approximately 48%. These results consistently indicate the superior performance of treatment I_{100} in terms of water productivity across both growing seasons. Treatment I_0 consistently exhibited lower water productivity, while treatment I_{50} demonstrated intermediate performance. These percentage differences underscore the significant influence of the treatments on water productivity and emphasize the importance of considering both irrigation and rainfall factors when assessing water use efficiency in wheat production. In the 2018-2019 growing season, treatment I_{50} demonstrated a water productivity index with a rainfall (WP_{I-R}) value of 0.84, while treatment I_{100} exhibited the highest value of 1.40. A comparative analysis of these values reveals substantial variations in water productivity among the treatments. Notably, treatment I_{100} showcased the highest water productivity index, surpassing treatment I_{50} by approximately 66%. Moving to the second year of the study, treatment I_{50} yielded a WP_{I-R} value of 0.98, whereas treatment I_{100} achieved a value of 1.37. Consistent with the previous season, treatment I_{100} maintained its superior performance in terms of the water productivity index. The percentage difference between treatments I_{100} and I_{50} can be calculated as approximately 40%. These collective findings highlight

the consistent superiority of treatment I_{100} in terms of water productivity index with rainfall across both growing seasons. The water productivity index with irrigation plus rainfall (WP_{I+R}) and water productivity index with rainfall (WP_{I-R}) values obtained in our study was higher than the findings reported by Cetin (2022). Although precipitation has a relatively balancing effect on water productivity values, when considering irrigation water values alone, the importance of irrigation in reducing plant stress is quite significant depending on the applied treatments. The higher water productivity observed with respect to irrigation levels indicates a strong water-yield response of the crop. Additionally, it should be noted that the choice of wheat variety, as well as climate and soil characteristics, significantly influence water efficiency.

3.2. Yield and Yield Components

The results of the variance analysis for specific physiological parameters of wheat are presented in Table 5, while the Tukey groupings are detailed in Table 6.

Table 5. Variation table of same morphologic parameters of wheat

Variation Source	sd	PH (cm)	NT	NPP	DTN (cm)	GPS	NS	SGW	TGW	YLD	PR	HI
Irrigation level (I)	2	**	**	**	*	**	*	**	**	**	*	**
Year (Y)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Y x I	2	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	8	12.59	0.09	0.01	2.10	7.88	1954.2	0.02	100.97	251616	1.19	16.61
CV(%)		4.9	8.6	2.2	12.9	9.0	11.0	15.1	13.1	13.5	6.6	13.9

Where PH: plant height, NT: number of tillering, NPP: nodes per plant, DTN: distance from top node, GPS: number of grains per spike, NS: number of spikes, SGW: spike grain weight, TGW: thousand-grain weights, YLD: yield, PR: protein rate, HI: harvest index. Values in a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.05$. NS indicates no significant difference and * and ** indicated significance at $P<0.05$ and $P<0.01$

Regarding the irrigation level (I), statistically significant differences were observed for most of the parameters, with significance at the $P<0.05$ and $P<0.01$ levels. The parameters such as PH (cm), NT, NPP, DTN (cm), GPS, SGW, TGW, YLD, PR, and HI exhibited significant variations among different irrigation levels. Except for the NPP, the combination of year and irrigation level (Y x I) did not exert a notable influence on the measured parameters.

Table 6. Grouping results according to Tukey's test.

Irrigation level (I)	PH (cm)	NT	NPP	DTN (cm)	GPS	NS (sp.m ⁻²)	SGW (g)	TGW (g)	YLD t ha ⁻¹	PR (%)	HI (%)
I ₁₀₀	81.2a ± 3.9	4.4a ± 0.3	4.1a ± 0.1	13.7a ± 0.9	39.3a ± 2.9	460.0a ± 35.4	1.48a ± 0.1	37.2a ± 1.50	6.6a ± 0.06	17.7a ± 0.6	42.1a ± 3.0
	71.4b ± 3.0	3.5b ± 0.3	3.9b ± 0.1	11.9b ± 1.0	33.4b ± 3.1	408.7b ± 46.0	0.88b ± 0.1	24.9b ± 3.4	3.3b ± 0.04	16.3b ± 1.2	28.1b ± 3.6
I ₅₀	64.4c ± 2.4	2.80c ± 0.1	3.7c ± 0.1	8.1c ± 1.6	20.1c ± 2.6	334.7c ± 34.1	0.63c ± 0.1	19.1c ± 2.9	1.3c ± 0.02	15.2c ± 0.6	17.7c ± 2.6

Where I₀: rainfed, I₅₀: applying 50% of the water given for I₁₀₀; I₁₀₀: Irrigation up to field capacity, PH: plant height, NT: number of tillering, NPP: nodes per plant, DTN: distance from top node, GPS: number of grains per spike, NS: number of spikes, SGW: spike grain weight, TGW: thousand-grain weights, YLD: yield, PR: protein rate, HI: harvest index.

Table 6 presents the results obtained from the analysis of different treatments using Tukey's test. Treatment I₁₀₀, representing irrigation up to field capacity, demonstrated the highest values for most of the measured parameters. It had the highest plant height (81.2 cm), number of tillering (4.4 pieces/plant), nodes per plant (4.1), distance from the top node (13.7 cm), number of grains per spike (39.3), number of spikes (460.0), spike grain weight (1.48 g), thousand-grain weight (37.2 g), yield (6.6 t ha⁻¹), protein rate (17.7%), and harvest index (42.1%). Comparatively, treatment I₁, which received 50% of the water given to I₁₀₀, exhibited lower values for these parameters, followed by treatment I₀ (rainfed), showing the lowest values. The percentage differences between treatments can be observed by comparing the values. Treatment I₁₀₀ generally outperformed the other treatments, showing significant improvements in most of the measured parameters. For example, treatment I₁₀₀ had approximately 14.4% higher plant height, 25.7% more tillering, 5.1% more nodes per plant, 41.2% greater distance from the top node, 17.6% more grains per spike, 12.6% more spikes, 67.7% higher spike grain weight, 93.5% greater thousand-grain weight, 99.2% higher yield, 6.1% higher protein rate, and 50.7% higher harvest index compared to treatment I₅₀. The results indicate that irrigation up to field capacity (I₁₀₀) led to improved plant growth, grain production, and overall crop performance compared to the other treatments. These findings highlight the importance of adequate irrigation in achieving higher yields and better quality in wheat cultivation.

The obtained findings indicated that the plant height (PH) values were lower compared to the results reported by Li et al. (2015), and Memon et al. (2021), while they were similar to the findings of Wang et al. (2010), Sarwar et al. (2010), Gao et al. (2020). The plant height can be considered as a significant outcome of water stress, which is dependent on the variety. In the conducted study, the plant height under full irrigation conditions was found to be higher compared to reference values. The results of plant height (PH) generally showed compatibility with literature in similar conditions. NT values were found lower than the results reported by

Ye et al. (2015), Sun et al. (2023) and similar to the findings of Sarwar et al. (2010) and Shang et al. (2021). NT primarily depends on the plant variety used and can be considered an important indicator of stress for wheat under drought conditions. High drought stress can promote early maturation and inadequate tillering in wheat. The NPP values obtained in this study were found to be within acceptable ranges for the selected wheat variety under full irrigation, aligning with findings reported in similar research. Conversely, under conditions of drought stress, characterized by the promotion of early maturation in wheat, the NPP values were lower in deficit irrigation and rainfall treatments. In other words, the development of nodes and leaves in plants is influenced by the moisture content and water availability in the soil (Roberts and Mattoo, 2018). The observed NPP values demonstrated significant similarity to the findings of Maqbool (2015) and Aurangzaib et al. (2021), while surpassing the results reported by Onyemaobi (2017). These results highlight the sensitivity of NPP to irrigation conditions and emphasize the importance of appropriate water management strategies in optimizing wheat productivity. The parameter is known as DTN (distance from the top node) is defined as the distance between the spike node and the first node directly below it in wheat plants. It was observed that a higher DTN value was positively correlated with a higher wheat yield. These findings regarding DTN values are consistent with the results reported by Aurangzaib et al. (2021), while being lower compared to the studies conducted by Wang et al. (2015) and Yu et al. (2020). These results highlight the importance of considering the DTN parameter as a potential indicator for wheat yield and its potential implications in agricultural practices. The number of grains per spike (GPS) is a crucial parameter strongly correlated with wheat yield. Consequently, it is one of the key parameters closely monitored by producers. In our study, we observed a consistent parallel relationship between GPS values and yield across all irrigation levels. However, the obtained GPS values were lower compared to the findings reported by Wang et al. (2015), Aurangzaib et al. (2021), and Memon et al. (2021). It is important to note that GPS values can vary depending on factors such as wheat variety, climate conditions, and agricultural practices. The number of spikes per square meter is directly related to the germination power and tillering count. The obtained NS values in the research exhibited similarity to the findings of Li et al. (2015), Ebrahimnejad and Rameeh (2016), while they were higher than the results reported by Rahman et al. (2016), Rivera-Amado et al. (2019). The spike grain weight (SGW) is among the key factors directly influencing wheat yield. In particular, drought stress during the spike maturation process can significantly affect grain weight. Therefore, the correlation between grain weight and deficit irrigation practices serves as an important reference for irrigation management. The obtained SGW (spike grain weight) values in the research were found to be similar to the findings of Kutlu and Olgun (2015), but lower than the results reported by Ebrahimnejad and Rameeh (2016), Rajput (2019), Glenn et al., (2021), Memon et al. (2021). The thousand-grain weight (TGW) in wheat can be significantly affected

cted by the level of drought stress during the milk ripening stage, similar to spike grain weight (SGW). Adequate irrigation fulfillment during this phenological stage plays a crucial role in determining TGW, leading to significant differences in grain weight. The present study investigates the impact of different irrigation levels on TGW, highlighting its importance in wheat production. The obtained results showed lower TGW compared to the findings of Xu et al. (2018) and Rivera-Amado et al. (2019), while demonstrating similarity to the results reported by Ye et al. (2015) and Feng et al. (2018). The morphological changes observed in wheat under different levels of drought stress have varying impacts on wheat yield (YLD). The conducted study revealed that the wheat yield was similar to the findings of Feng et al. (2018), Rivera-Amado et al. (2019), and Gao et al. (2020), but higher than the results reported by Memon et al. (2021). It should be noted that the choice of wheat variety and various agricultural practices can significantly influence yield outcomes. Protein ratio (PR) is an important quality parameter for wheat. It is crucial to meet the wheat's nutrient and water requirements adequately throughout its growth stages. Under drought stress, insufficient development often leads to lower protein content. In the conducted study, it was found that the protein content was inversely proportional to the severity of drought stress. The results obtained in the research were higher than the results reported by Zeleke and Nendel (2016), Rathore et al. (2017), and Zhang et al. (2017). These findings highlight the negative impact of drought stress on protein content and emphasize the importance of addressing water management strategies to optimize wheat quality. The harvest index (HI) is a measure that quantifies the proportion of grain yield in relation to the overall biomass of plants. Under drought stress, inadequate physiological development leads to a weak grain yield. Conversely, under non-stress conditions, the opposite occurs. The obtained HI values in the study were similar to the findings of Ebrahimnejad and Rameeh (2016), and Rathore et al. (2017), but lower than the results reported by Wang et al. (2015), Rivera-Amado et al. (2019). The conducted study revealed significant variations in the HI value under different drought levels, with an inverse relationship between HI and increasing water stress.

3.2 Multivariate Correlations

The correlation analysis conducted in the study to determine the level of interaction among various physiological parameters (crop height, number of tillering, nodes per plant, distance from top node, number of grains per spike, number of spikes, spike grain weight, thousand-grain weights, yield, protein rate, harvest index) in wheat plants is presented in Figure 4.

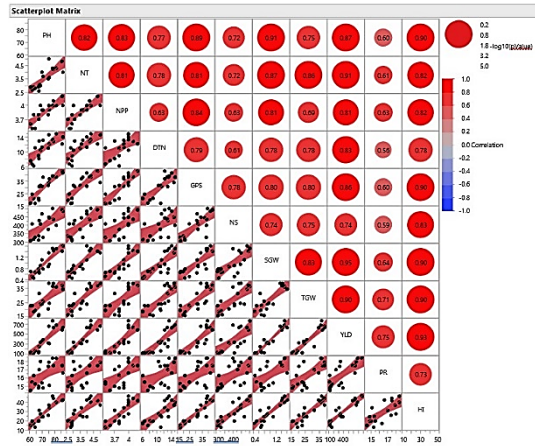


Figure 4. Correlation levels of some morphological parameters in wheat.

Where **PH**: plant height, **NT**: number of tillering, **NPP**: nodes per plant, **DTN**: distance from top node, **GPS**: number of grains per spike, **NS**: number of spikes, **SGW**: spike grain weight, **TGW**: thousand-grain weights, **YLD**: yield, **PR**: protein rate, **HI**: harvest index. The correlations were estimated using the pairwise method.

The correlation table presents the relationships between the various morphological parameters of wheat. The correlation coefficients, which ranged from -1 to 1, elucidated the strength and direction of the relationships. A value closer to 1 indicated a robust positive relationship, while a value nearer to -1 indicated a strong negative relationship. Values close to 0 suggested the absence of a relationship. The table displayed numerous robust positive correlations among the parameters. For instance, plant height (PH) showed strong positive correlations with the number of grains (NG; $r = 0.8877$) and the harvest index (HI; $r = 0.8971$). This suggests that taller plants tend to have more grains and higher harvest indices. Similarly, the number of tillers (NT) was strongly and positively correlated with thousand-grain weight (TGW; $r = 0.8552$) and yield (YLD; $r = 0.9061$). This indicates that plants with more tillers generally have higher thousand-grain weights and yields. The number of nodes per plant (NP) also showed a strong positive correlation with the number of grains (NG; $r = 0.8400$), suggesting that plants with more nodes tended to have more grains. The distance from the top node (DTN) had a strong positive correlation with the number of grains (NG; $r = 0.7912$), indicating that plants with greater distances between nodes tended to have more grains. The table also reveals strong positive correlations between yield (YLD) and other parameters, such as thousand-grain weight (TGW; $r = 0.9046$) and harvest index (HI; $r = 0.9259$). This suggests that higher yields are associated with higher thousand-grain weights

and harvest index values. In conclusion, the strong positive correlations observed between several parameters, such as plant height, number of tillers, nodes per plant, distance from the top node, number of grains, thousand-grain weight, yield, and harvest index, highlight the interconnected nature of these traits and their potential influence on overall crop productivity. Understanding these relationships can help inform agricultural practices and optimize wheat production.

4. CONCLUSION

This research has demonstrated that irrigation treatments play a pivotal role in optimizing wheat yield and water productivity under drought conditions. The study's findings reveal that maintaining soil moisture up to field capacity (Treatment I_{100}) not only maximizes wheat yield but also enhances water productivity significantly compared to other treatments (I_{50} and I_0). The data showed that Treatment I_{100} , where irrigation was maintained at field capacity, consistently achieved the highest yield and water productivity across two consecutive growing seasons. It resulted in superior growth in terms of plant height, tillering, grain per spike, and other yield-contributing factors. On the other hand, the I_{50} treatment, which received 50% of the water provided to I_{100} , demonstrated a balance between reduced water use and crop yield, highlighting its potential as a water-efficient irrigation strategy. The rainfed treatment (I_0) displayed the lowest yield and water productivity, underscoring the critical need for adequate irrigation in wheat cultivation under drought conditions.

The results underline the importance of adopting strategic irrigation management to cope with water scarcity while maintaining crop performance. Future studies should explore the scalability of applying such differential irrigation levels in diverse agro-climatic scenarios to validate the robustness of these findings across various environmental conditions.

Acknowledgements

This study was supported by the Soil, Fertilizer, and Water Resources Central Research Institute, Ankara Turkey. The authors thank the institution for their support.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: RG(%50), TY(%25), CG(%25)

Data Acquisition: RG(%50), TY(%25), CG(%25)

Data Analysis: RG(%100)

Writing Up: RG(%100)

Submission and Revision: RG(%100)

REFERENCES

- Abdelrasheed, K. G., Mazrou, Y., Omara, A. E. D., Osman, H. S., Nehela, Y., Hafez, E. M., and Gowayed, S. M., 2021. Soil amendment using biochar and application of K-humate enhance the growth, productivity, and nutritional value of onion (*Allium cepa* L.) under deficit irrigation conditions. *Plants*, 10(12), 2598.
- Abd El-Mageed, T. A., El-Sherif, A. M., Abd El-Mageed, S. A., and Abdou, N. M., 2019. A novel compost alleviates drought stress for sugar beet production in Cd-contaminated saline soils. *Agricultural Water Management*, 226, 105831.
- Ahmadian, K., Jalilian, J., and Pirzad, A., 2021. Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 244, 106544.
- Aurangzaib, M., Ahmad, Z., Jalil, M. I., Nawaz, F., Shaheen, M. R., Ahmad, M., Hussain, A., Ejaz, M. K. and Tabassum, M. A., 2021. Foliar spray of silicon confers drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) by enhancing morpho-physiological and antioxidant potential. *Silicon*, 1-15.
- Bai, S., Kang, Y., and Wan, S., 2020. Winter wheat growth and water use under different drip irrigation regimes in the North China Plain. *Irrigation Science*, 38, 321-335.
- Cetin, O., and Akinci, C., 2022. Water and economic productivity using different planting and irrigation methods under dry and wet seasons for wheat. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(5), 844-856.
- Cetin, O., and Kara, A., 2019. Assessment of water productivity using different drip irrigation systems for cotton. *Agricultural Water Management*, 223, 105693. doi:10.1016/j.agwat.2019.105693
- Chen, R., Cheng, W., Cui, J., Liao, J., Fan, H., Zheng, Z., and Ma, F., 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. *Field Crops Research*, 179, 52-62.
- Dar, E. A., Brar, A. S., and Singh, K. B., 2017. Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 248, 9-19.
- Degirmenci, V., Nacar, A. S., Tas-Anlagan, M., Nacar, S., Un, A., and Ilhan, A., 2017. The effects of furrow and drip irrigation on wheat yield and water saving. *GAP Agricultural Research Institute*.
- Ebrahimnejad, S., and Rameeh, V., 2016. Correlation and factor analysis of grain yield and some important component characters in spring bread wheat genotypes. DOI: 10.1515/cerce-2016-0001
- Eissa, M. A., Rekaby, S. A., Hegab, S. A., and Ragheb, H. M., 2018. Effect of deficit irrigation on drip-irrigated wheat grown in semi-arid conditions of Upper Egypt. *Journal of Plant Nutrition*, 41(12), 1576-1586.
- El-Mageed, A., Taia, A., El-Mageed, A., Shima, A., El-Saadony, M. T., Abdelaziz, S., and Abdou, N. M., 2022. Plant growth-promoting rhizobacteria improve growth, morpho-physiological responses, water productivity, and yield of rice plants under full and deficit drip irrigation. *Rice*, 15(1), 1-15.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2020. Ample supplies to help shield food markets from the COVID-19 crisis [Online]. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8445en>. Accessed on 11. 06, 2023.
- Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R., and Abbaspour, K. C., 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1861-1875.
- Feng, F., Han, Y., Wang, S., Yin, S., Peng, Z., Zhou, M., Gao, W., Wen, X., Qin, X. and Siddique, K. H. M., 2018. The Effect of Grain Position on Genetic Improvement of Grain Number and Thousand Grain Weight in Winter Wheat in North China. *Front. Plant Science*, 9, 29. doi: 10.3389/fpls.2018.00129
- Gao, Z., Wang, Y., Tian, G., Zhao, Y., Li, C., Cao, Q., Han, R., Shi, Z. and He, M., 2020. Plant height and its relationship with yield in wheat under different irrigation regime. *Irrigation Science*, 38(4), 365-371.

- Glenn, P., Zhang, J., Brown-Guedira, G., DeWitt, N., Cook, J. P., Li, K., Akhunov, E. and Dubcovsky, J., 2021. Identification and characterization of a natural polymorphism in FT-A2 associated with increased number of grains per spike in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 1-14.
- Gultekin, R., Avağ, K., Görgişen, C., Öztürk, Ö., Yeter, T., and Alsan, P. B., 2023. Effect of deficit irrigation practices on greenhouse gas emissions in drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 310, 111757. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111757>
- Hagos, G. L., 2005. School of Graduate Studies Faculty of Dryland Agriculture and Natural Resources (Doctoral dissertation, Mekelle University).
- Hammad, S. A., and Ali, O. A., 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(1), 133-145.
- Kehl, J., 2020. Moving beyond the mirage: Water scarcity and agricultural use inefficiency in USA. *Water*, 12(8), 2290.
- Kızılgeçi, F., Tazebay, N., Namlı, M., Albayrak, Ö., and Yıldırım, M., 2017. The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 1(1), 33-37.
- Kutlu, I., and Olgun, M., 2015. Determination of genetic parameters for yield components in bread wheat. *International Journal of Biosciences*, 6(12), 61-70.
- Li, M., Shi, M., Zhang, J., Qi, Y., and Lei, Y., 2022. Quantifying the Space-Time Variations of Water Demands for Major Crops in Hebei Province, China. *Atmosphere*, 13(9), 1399.
- Li, X., Xia, X., Xiao, Y., He, Z., Wang, D., Trethowan, R., Whang, H. and Chen, X., 2015. QTL mapping for plant height and yield components in common wheat under water-limited and full irrigation environments. *Crop and Pasture Science*, 66(7), 660-670.
- Liu, J., Wiberg, D., Zehnder, A. J., and Yang, H., 2007. Modeling the role of irrigation in winter wheat yield, crop water productivity, and production in China. *Irrigation Science*, 26, 21-33.
- Lu, J., Ma, L., Hu, T., Geng, C., and Yan, S., 2022. Deficit drip irrigation based on crop evapotranspiration and precipitation forecast improves water-use efficiency and grain yield of summer maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), 653-663.
- Maqbool, M. M., Ali, A., Haq, T., Majeed, M. N., and Lee, D. J., 2015. Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. *Sarhad Journal of Agriculture*, 31(1), 53-58.
- Mattar, M. A., Zin El-Abedin, T. K., Al-Ghobari, H. M., Alazba, A. A., and Elansary, H. O., 2021. Effects of different surface and subsurface drip irrigation levels on growth traits, tuber yield, and irrigation water use efficiency of potato crop. *Irrigation Science*, 39, 517-533.
- Memon, S. A., Sheikh, I. A., Talpur, M. A., and Mangrio, M. A., 2021. Impact of deficit irrigation strategies on winter wheat in semi-arid climate of sindh. *Agricultural Water Management*, 243, 106389.
- Mostafa, H., El-Nady, R., Awad, M., and El-Ansary, M., 2018. Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. *Ecological Engineering*, 121, 35-43.
- Oweis, T. Y., and Hachum, A. Y., 2003. Improving water productivity in the dry areas of west Asia and North Africa. In J. W. Kijne, R. Barker, and D. Molden (Eds.), *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*. (pp. 179-198). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Paredes, P., Rodrigues, G. C., Alves, I., and Pereira, L. S., 2014. Partitioning evapotranspiration, yield prediction and economic returns of maize under various irrigation management strategies. *Agricultural Water Management*, 135, 27-39. doi:10.1016/j.agwat.2013.12.010
- Rahman, M., Barma, N. C. D., Biswas, B. K., Khan, A. A., and Rahman, J., 2016. Study on morpho-physiological traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) Under rainfed condition. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 41(2), 235-250.
- Rajput, R. S., 2019. Path analysis and genetic parameters for grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annual Research & Review in Biology*, 1-8.
- Rathore, V. S., Nathawat, N. S., Bhardwaj, S., Sasidharan, R. P., Yadav, B. M., Kumar, M., Santra, P., Yadava, N. D. and Yadav, O. P., 2017. Yield, water and nitrogen use efficiencies of sprinkler irrigated wheat grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. *Agricultural Water Management*, 187, 232-245.
- Rivera-Amado, C., Trujillo-Negrellos, E., Molero, G., Reynolds, M. P., Sylvester-Bradley, R., and Foulkes, M. J., 2019. Optimizing dry-matter partitioning for increased spike growth, grain number and harvest index in spring wheat. *Field Crops Research*, 240, 154-167.
- Roberts, D. P., and Mattoo, A. K., 2018. Sustainable agriculture—Enhancing environmental benefits, food nutritional quality and building crop resilience to abiotic and biotic stresses. *Agriculture*, 8(1), 8.
- Sarwar, N., Maqsood, M., Mubeen, K., Shehzad, M., Bhullar, M. S., Qamar, R., and Akbar, N., 2010. Effect of different levels of irrigation on yield and yield components of wheat cultivars. *Pak. J. Agri. Sci*, 47(3), 371-374.
- Shang, Q., Wang, Y., Tang, H., Sui, N., Zhang, X., and Wang, F., 2021. Genetic, hormonal, and environmental control of tillering in wheat. *The Crop Journal*, 9(5), 986-991.

- Shen, X., Wang, G., Tilahun Zeleke, K., Si, Z., Chen, J., and Gao, Y., 2020. Crop water production functions for winter wheat with drip fertigation in the North China Plain. *Agronomy*, 10(6), 876.
- Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y., and Duan, A., 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 231, 106002.
- Singh, M., Saini, R. K., Singh, S., and Sharma, S. P., 2019. Potential of integrating biochar and deficit irrigation strategies for sustaining vegetable production in water-limited regions: A review. *HortScience*, 54(11), 1872-1878.
- Sun, J., Bie, X. M., Chu, X. L., Wang, N., Zhang, X. S., and Gao, X. Q., 2023. Genome-edited TaTFL1-5 mutation decreases tiller and spikelet numbers in common wheat. *Frontiers in Plant Science*, 14, 557.
- Tavakol, A. R., Liaghat, A., Oweis, T., and Alizadeh, A., 2012. The role of limited irrigation and advanced management on improving water productivity of rainfed wheat at semi-cold region of upper karkheh river basin, Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(14), 939-948.
- Tribouillois, H., Constantin, J., Murgue, C., Villerd, J., and Therond, O., 2022. Integrated modeling of crop and water management at the watershed scale: Optimizing irrigation and modifying crop succession. *European Journal of Agronomy*, 140, 126592.
- Tunc, T., Sahin, U., Evren, S., Dasci, E., Guney, E., and Aslantas, R., 2019. The deficit irrigation productivity and economy in strawberry in the different drip irrigation practices in a high plain with semi-arid climate. *Scientia Horticulturae*, 245, 47-56.
- Tüzüner, A., 1990. Toprakların fiziksel analiz yöntemleri. In: *Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı*. A. Tüzüner (Ed.). TC Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkey. [in Turkish]
- USSL 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook 60, USA. 47p.
- Wang, D., Li, G., Mo, Y., Zhang, D., Xu, X., Wilkerson, C. J., and Hoogenboom, G., 2021. Evaluation of subsurface, mulched and non-mulched surface drip irrigation for maize production and economic benefits in northeast China. *Irrigation Science*, 39, 159-171.
- Wang, J., Xu, C., Gao, S., and Wang, P., 2013. Effect of water amounts applied with drip irrigation on water consumption characteristics and yield of spring wheat in Xinjiang. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(9), 1180-1185.
- Wang, Y., Du, Y., Yang, Z., Chen, L., Condon, A. G., and Hu, Y. G., 2015. Comparing the effects of GA-responsive dwarfing genes Rht13 and Rht8 on plant height and some agronomic traits in common wheat. *Field Crops Research*, 179, 35-43.
- Xu, X., Zhang, M., Li, J., Liu, Z., Zhao, Z., Zhang, Y. L., Zhou, S. L. and Wang, Z., 2018. Improving water use efficiency and grain yield of winter wheat by optimizing irrigations in the North China Plain. *Field Crops Research*, 221, 219-227.
- Yang, D., Li, S., Kang, S., Du, T., Guo, P., Mao, P., Tong, X., Hao, L., Ding, X. and Niu, J., 2020. Effect of drip irrigation on wheat evapotranspiration, soil evaporation and transpiration in Northwest China. *Agricultural Water Management*, 232, 106001.
- Ye, X., Lu, Y., Liu, W., Chen, G., Han, H., Zhang, J., Yang, X., Li, X., Gao, A. and Li, L., 2015. The effects of chromosome 6P on fertile tiller number of wheat as revealed in wheat-*Agropyron cristatum* chromosome 5A/6P translocation lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 797-811.
- Yu, M., Liu, Z. H., Yang, B., Chen, H., Zhang, H., and Hou, D. B., 2020. The contribution of photosynthesis traits and plant height components to plant height in wheat at the individual quantitative trait locus level. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Yurtsever, N., 2011. Experimental statistical methods. Publication No: 56:121. Soil-Fertilizer and Water Resources Research Institute (In Turkish).
- Zeleke, K. T., and Nendel, C., 2016. Analysis of options for increasing wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in south-eastern Australia: The role of irrigation, cultivar choice and time of sowing. *Agricultural Water Management*, 166, 139-148.
- Zhang, P., Ma, G., Wang, C., Lu, H., Li, S., Xie, Y., Ma, D., Zhu, Y. and Guo, T., 2017. Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat. *PLoS One*, 12(6), e0178494.
- Zia, R., Nawaz, M. S., Siddique, M. J., Hakim, S., and Imran, A., 2021. Plant survival under drought stress: Implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiological research*, 242, 126626.



Samsun İli Koyun İşletmelerinde Üreme Performansı ve Et Üretim Potansiyeli

Reproductive Performance and Meat Production Potential in Sheep Farms in Samsun Province

Mehmet Ali GÜNTAY¹, Mehmet Akif ÇAM²

¹Çanık Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü, Samsun
· mehmetali_gntay@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-3070-3909

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Samsun
· makifcam@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0003-3407-3913

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 21 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Ocak/January 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 269-289

Atıf/Cite as: Güntay, M.A., Çam, M.A. "Samsun İli Koyun İşletmelerinde Üreme Performansı ve Et Üretim Potansiyeli" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 269-289.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Akif ÇAM

Yazar Notu/ Author Note: "Bu makale, Mehmet Ali GÜNTAY'ın "Samsun ili Koyuncululuğunda Üreme Performansı ve Kuzu Verimlerinin Belirlenmesi" isimli tez çalışmasından üretilmiştir."

SAMSUN İLİ KOYUN İŞLETMELERİNDE ÜREME PERFORMANSI VE ET ÜRETİM POTANSİYELİ

ÖZ

Bu çalışmada Samsun ilindeki 3508 küçükbaş hayvancılık işletmesindeki koyunların kuzulama oranı (KO), ikizlik oranı (İO), kuzu verimi (KV) ve koç altı koyun başına kuzu sayısı (doğumda sürü kuzu üretimi; DSKÜ) gibi üreme performansı kriterlerinin ve koyun eti üretim potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2019-2020 yıllarında Samsun ilinin merkez ve ilçelerindeki 86 üretici ile yüz yüze anket yapılarak yürütülmüştür. Ankete alınan işletmeler, orantılı tabakalı örnekleme ve her tabakadan amaçlı örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir.

Ankete alınan koyun işletmelerinin incelenen üreme performans kriterleri bakımından farklı oldukları tespit edilmiştir ($P<0.001$). Ayrıca, KO, İO, KV ve DSKÜ bakımından sürü büyüklüğü, ırk ve ilçeler arasında önemli farklılıklar olduğu ($P<0.001$) belirlenmiştir. Ankete alınan işletmelerin sadece %15'inin ekonomik gelirlerini koyunculuktan sağladığı ve bu gelirin ortalama beş kişi tarafından paylaşıldığı saptanmıştır.

Çalışmada, Samsun ilindeki mevcut koyun varlığı ve üreme performansı ile kuzu ve koyun eti üretim potansiyelinin 2938.1 ton olduğu tahmin edilmiştir. Üreme performansı ve et üretim potansiyeli ile ilgili sonuçlar ildeki mevcut koyun ve kuzu üretim modellerinin iyileştirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Koyun Eti, Kuzu Verimi, Kuzulama Oranı, İkizlik Oranı.



REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND MEAT PRODUCTION POTENTIAL IN SHEEP FARMS IN SAMSUN PROVINCE

ABSTRACT

This study, it was aimed to determine the reproductive performance criteria lambing rate (LR), twinning rate (TR), litter size (LS), and number of lambs per ewe joined to ram (NLEJR) or fecundity (FEC) and sheep meat production potential in 3508 sheep farming enterprises in Samsun province.

The study was conducted by using a face-to-face survey with 86 producers in the central and surrounding districts of Samsun province in 2019-2020. The en-

terprises included in the survey were determined according to the proportional stratified sampling and purposeful sampling method from each stratum.

It was determined that the surveyed sheep enterprises were different regarding the reproductive performance criteria examined ($P < 0.001$). Additionally, it was determined that there were significant differences between herd, breed, and districts in terms of LR, TR, LS, and FEC ($P < 0.001$).

It was determined that only 15% of the surveyed enterprises attained their income from sheep farming and that this income was shared by an average of five people.

In the study, with the current sheep presence and reproductive performance in Samsun province, it was determined that the lamb and sheep meat production potential was 2938.1 tone. The results regarding the reproductive performance and meat production potential showed that the current sheep and lamb production models in the province should be improved.

Keywords: Mutton Meat, Litter Size, Lambing Rate, Twin Rate.



1. GİRİŞ

Koyun yetiştiriciliğinde kuzu verimi işletmelerin karlılığını belirleyen temel faktörlerden biridir. Popülasyonun genetik yapısı ve sürü yönetimi gibi bir birine bağlı bir çok faktör pazarlama aşamasında sürü verimliliğini etkilemektedir (Cam ve ark., 2017; Sallam, 2019; Farrell ve ark., 2022). Dünyanın topoğrafik yapı ve mera kaynaklarının koyun yetiştiriciliğine uygun olan coğrafyalarında, koyun eti üretimi insanların hayvansal protein ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir hayvansal üründür (Sallam, 2019; Hussain ve ark., 2019). Türkiye, topoğrafik yapı, mera durumu ve sosyo-kültürel yapı bakımından koyun yetiştiriciliğine uygun olup geleneksel ve olatmaya dayalı olarak sürdürülmekte ve dünya koyun popülasyonunun %3.52'sine sahip bulunmaktadır (FAO, 2022).

Koyunculuk işletmelerinde et, özellikle kuzu eti üretimi, ekonomik gelirin en önemli kalemini oluşturmaktadır (Moloney ve ark., 2023). Türkiye de dahil, dünya genelinde kuzu eti üretiminin yaklaşık %50'si meraya dayalı üretim sistemine dayanmaktadır (Herrero ve ark., 2013; Ye ve ark., 2020). Türkiye'de küçükbaş hayvanların değerlendirebileceği otlama alanları (mera, orman altı ve orman içi alanlar, yaylalar, anız, nadas alanları) ve kaba yem üretim potansiyeli dikkate alındığında ülkedeki koyun eti üretiminin mevcut potansiyelin çok altında olduğu anlaşılabacaktır.

Koyun yetiştiriciliğinde kârlılık, masrafların büyük kısmını oluşturan beslemenin meradan karşılanmasına bağlıdır. Ancak mera alanlarının giderek daralması, var olan yapılarının bozulması, merada hayvanları otlatmada çoban bulunamaması koyun yetiştiricilerinin önemli sorunları arasında yer almaktadır. Çoban bulma sorununun da etkisiyle, yetiştiricilerin sürülerinde cinsiyet ve yaş gibi bir ayırım uygulayamaması sürü yönetimi ve verimliliğini etkilemektedir. Bazı bilinçli yetiştiriciler kendi aralarında birinin erkek hayvanlara, diğerinin ise dişi hayvanlara bakması gibi çözümler üretmektedirler. Dişi ve erkek karışık yetiştirilen sürülerde, genç dişilerden cinsi olgunluğa ulaşanlar ilk kıvgınlıklarında gebe kalabilmektedirler ki bu durum üreme performansını etkileyen faktörlerden biridir (Freitas-de-Melo ve ark., 2022).

Verim artışı hayvan sayısının artırılması ya da bir hayvandan elde edilen verim miktarının artırılması ile gerçekleştirilmektedir. Hayvan varlığının artırılmasında üreme özelliklerinin iyileştirilmesi önemlidir. Üreme performansının iyileştirilmesinde ilk gebelik yaşı, iki doğum arası süre, bir dişi hayvandan damızlıkta tutulduğu süre içerisinde elde edilen yavru sayısı gibi faktörler önem kazanmaktadır (Wilson ve Traoré, 1988; Farrell ve ark., 2020; Prache ve ark., 2022).

Koyun yetiştiriciliğinde üreme performansının artırılması kadar, kuzu ölümlerinin de minimum düzeyde tutulması çok önemlidir (Freitas-de-Melo ve ark., 2022). Kasaplık ve damızlık kuzu sayısı, aşım öncesinde ovulasyon oranının artırılmasına yönelik flushing beslemesi (Ocak ve ark., 2006), fetal büyümenin yüksek olduğu dönemdeki bakım ve besleme (Ocak ve ark., 2005) ile doğum sonrası ana-yavru ilişkisinin kurulması (Çam ve ark., 1999), kuzuların ağız sütü tüketimlerinin sağlanması ve süttten kesimden kuzuların pazarlanmasına kadar geçen süreçteki uygun bakım ve beslenmesine bağlıdır (Cam ve ark., 2017). İşletmedeki kuzu verimlerinin düşük olmasının en önemli nedenlerinden birisi erken embriyonik ölümler yanında, doğumdan süttten kesime kadarki süreçte yeterli bakım ve beslemenin yapılmamasıdır (Ocak ve ark., 2005, 2006; Yılmaz ve Çam, 2023). Koyun yetiştiriciliğinde ekonomik geliri artırmanın temelini sürünün üreme performansının artırılması ve elde edilen yavruların kayıp verilmeksizin değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Bu süreç aşım öncesinde fazla sayıda ovulasyonun teşvik edilmesi için flushing olarak isimlendirilen besleme uygulamasıyla başlamakta ve elde edilen kuzuların ekonomiye kazandırılmasına kadar sürmektedir. Kuzu kayıplarının önemli bir bölümü, büyük oranda bakım ve besleme düzeyine bağlı olarak ovulasyonla süttten kesim arasında gerçekleşmektedir (Willingham ve ark., 1986; Yılmaz ve Çam, 2023). Bu nedenle kuzu üretimi ve dolayısı ile kuzu eti üretiminde kazanç, koçaltı koyun başına elde edilen kuzu sayısına ve kuzuların yaşama gücüne bağlı olarak pazarlanan kuzu sayısına göre değişmektedir (Vostrý ve Milerski 2013; Cam ve ark., 2018). Kuzu yaşama gücü, genetik faktörlerden daha ziyade ($h^2 = 0.002$ ile 0.112) çevresel ve yönetimsel unsurlardan (ananın yaşı, ananın doğum sayısı, batındaki yavru sayısı, kuzunun cinsiyeti, doğum mevsimi,

doğum yılı, kuzunun doğum ağırlığı vb.) etkilendiğinden, kuzu kayıplarının azaltılabilmesi yetiştirici hassasiyetine bağlı olarak bu çevresel etkenlerin optimize edilmesine bağlıdır (Farrell ve ark., 2020; Farrell ve ark., 2022; Yılmaz ve Çam, 2023).

Koyunculuk yapılan her bir çevrenin üretim yapısının, üretim koşullarının ve üretim potansiyelinin belirlenmesi koyunculüğün kırmızı et üretimdeki payının artışına katkı sağlayacaktır. Samsun, Türkiye'nin bitkisel ve hayvansal üretim (büyük ve küçükbaş) potansiyeli yüksek olan illerinden biridir. Nitekim ildeki mevcut 55697 hayvancılık işletmesinin 3508'inde (%6.3) koyun ve keçi yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2022; TÜİK, 2022). Bu nedenle, bu çalışmada Samsun ilindeki koyun yetiştiriciliğinin üreme açısından durumu, koyun ve kuzu eti üretim potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu (2020/830) yönergesine uygunluğu onanmıştır.

2.1. Materyal

Çalışma, coğrafi konum olarak 40° 50' - 41° 51' kuzey enlemleri, 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamları arasında yer alan ve 3508 küçükbaş hayvancılık işletmesi bulunan Samsun ilinde yürütülmüştür. İldeki koyun yetiştiriciliği yapan işletme ve bu işletmelerdeki hayvan sayıları ile ilgili bilgiler (Çizelge 1) Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Anonim, 2022) kayıtlarından alınmıştır.

Çizelge 1. Samsun ili ilçelerindeki koyunculuk işletmeleri ve koyun sayıları (KS)*

Table 1. Sheep farms and the number of sheep (NS) in Samsun province and its districts

İlçeler Districts	İS NF	KS NS	İşletme Başı Koyun Sayısı	Number of Sheep Per Farm
			En Az – En Fazla Min.-Max.	Ortalama -Mean
19 Mayıs	122	3542	5-220	29
Alaçam	253	14520	5-700	57
Asarcık	35	1650	5-510	47
Atakum	91	6174	5-733	68
Ayvacık	52	2734	5-150	58
Bafra	716	38420	5-600	54
Canik	203	7000	5-450	34
Çarşamba	195	14706	5-300	75
Havza	283	15911	5-600	56

İlkadım	50	3590	5-320	72
Kavak	87	7784	5-692	90
Lâdik	166	16440	5-1004	99
Salıpazarı	33	2600	5-180	79
Tekkeköy	285	20464	5-600	72
Terme	68	2900	5-513	43
Vezirköprü	770	40500	5-450	53
Yakakent	99	5707	5-420	58
Toplam (<i>Total</i>)	3508	204639	5-1004	58

*: Samsun ilçelerinin koyun mevcudu (Anonim, 2022). Sheep population of Samsun districts (Anonim, 2022). İS: işletme sayısı; NF: number of sheep farms

2.2. Yöntem

Çalışmada, Samsun ili koyunculuk işletmelerinde sürü üreme performansı ve kuzu üretim potansiyelinin belirlenmesi amacıyla toplam 3508 adet küçükbaş hayvan işletmesi içerisinde Tabakalama örnekleme yöntemine göre toplam popülasyonun %2.5'ini oluşturacak şekilde (Işık, 2006; Özalp ve Sayın, 2018) her tabakadan işletmeler rastgele seçilmiştir.

Ankete alınan işletmelerin seçiminde ilçelerin sahip oldukları hayvan sayısı göz önünde bulundurulmuş, merkeze yakın olan Canik ve İlkadım hariç koyun sayısı 10.000 baş hayvandan düşük olan ilçeler çalışmaya dahil edilmemiştir. Anket yapılacak ilçeler belirlendikten sonra, işletmelerin sahip oldukları hayvan sayıları 6 gruba ayrılmış (0-50, 51-75, 76-104, 105-150, 151-200, 200 üstü) ve işletmeler gruplardaki hayvan sayıları dikkate alınarak tesadüfen seçilmiştir. Tabakalamanın teşkilinde popülasyonunu oluşturan işletmelerin hayvan sayısı, bakım besleme ve koyun ırkı bakımından farklılıklar gösterdiği dikkate alınarak, bu yapı içerisindeki işletmeler hayvan varlıkları bakımından birbirine yakın gruplara (tabakalara) ayrılmış ve her gruptan ankete dâhil olacak işletme sayısı belirlenmiştir. Her tabakadan ana kitleyi temsil etme durumlarına göre işletmeler ayrı ayrı bilinçli (amaçlı) ve tesadüfi olarak belirlenmiş (Işık, 2006) ve çalışmaya dâhil edilmişlerdir. Anket yapılacak yetiştiriciler belirlenirken, koyunculuk faaliyetini ana gelir kaynağı olarak gören ve üreticilerin durumunu yansıtabilmesi için en az 50 baş sürü büyüklüğüne sahip olan işletmelerle anket yapılmasına dikkat edilmiştir. Ancak daha önceden sürü büyüklüğü 100 başın üzerinde olan ama sonra 50 baş veya bunun biraz altında olan 5 işletme de ankete dahil edilmiştir. Toplam 86 adet işletme ile anket yapılmıştır. İlçelere göre ankete alınan işletmeler, işletmelerdeki en düşük, en yüksek ve ortalama hayvan sayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İlçelere göre ankete alınan işletme sayıları ve işletmelerdeki hayvan sayıları**Table 2.** Number of the farms surveyed and number of animals in processing by districts

İlçeler Districts	İS NF	En Düşük-En Yüksek Min.- Max.	Koyun Sayısı Number of ewes	Anketteki Payı Share in Survey
Alaçam	12	70-300	2303	16.44
Bafra	9	50-300	1294	9.24
Canik	8	60-250	1144	8.17
Çarşamba	21	80-303	3744	26.73
Havza	11	23-189	957	6.83
İlkadım	1	109-109	109	0.78
Lâdik	6	120-300	1060	7.57
Tekkeköy	11	103-250	1986	14.18
Veziroköprü	7	50-350	1408	10.05
Toplam (Total)	86	23-350	14005	100.00

İS: ankete dahil işletme sayısı, NF: number of farms in survey; Min: Minimum, Max: maximum

2.1. Anket Yöntemi ve Elde Edilen Veriler

Anketler yetiştiricilerle yüz yüze görüşmelerle ve genellikle sürülerin yanında yapılmıştır. Anket soruları, yetiştiriciyi biktırmayacak şekilde, işletme çalışanları, işletmelerin yapısal özellikleri, faaliyet alanları, sürü büyüklüğü, sürünün genetik yapısı, yetiştirilen koyun sayıları, koyunların bakımları, beslenmeleri, üreme performansları, koç katım usulu (serbest, kontrollü aşım), koçların damızlıkta tutulma süreleri (kullanılan damızlık koçların nasıl seçildikleri, nereden ve nasıl temin edildiği), elde edilen kuzu sayıları, kuzuların doğum, pazarlama ağırlıkları, ölen kuzu sayıları ve ölüm nedenleri, kuzuların pazarlama durumlarını belirlemeye yönelik hazırlanmıştır. İşletmelerin faaliyet alanları ve işletmelerin toplam gelirlerinde koyun yetiştiriciliğinin payı da ankete verilen cevaplara dayanmaktadır. Anket toplamda 27 sorudan oluşturulmuş ve tüm veriler ankete verilen cevaplardan elde edilmiştir. Sürünün morfolojisinde dikkat çeken durumlarla karşılaşıldığında hangi ırk yada ırkların kullanıldığı sorgulanmış ve sürü genotipinin doğru tespitine çalışılmıştır.

2.2. Et Üretim Potansiyeli

Samsun ili kuzu ve koyun eti üretim potansiyeli ve projeksiyonu için, il koyun mevcudu, bu potansiyel içerisinde koçaltı koyun sayısı, ayıklanan hayvanların yerine gelecek sürü ikame oranları (dişi için %30, erkek için %4), koyunların üreme performansları (gebelik, ikizlik), KV, kuzu yaşama gücü, karkas ağırlığı kuzuların pazarlama ağırlığı ile ilgili edinilen veri ortalamaları kullanılmıştır.

Et üretim potansiyelinin hesaplanmasında, çalışmadaki ortalama ikizlik oranı (%21.58) kullanılmıştır. Ayrıca hesaplamada sürü mevcudunun sabit ve damızlık dişilerden oluştuğu, her yıl sürüdeki damızlık dişilerin %30'unun, koçların da %4'ünün ayıklandığı ön görülmüştür. Ayıklanan damızlık dişilerin (%30) yerine genç dişilerin ve damızlıktan çıkarılan koçların (25 koyuna bir koç %4) yerine erkek kuzulardan ikame yapıldığı varsayılmıştır (Farrell ve ark., 2020). Damızlıktan çıkarılan ergin dişi koyunlar ve koçlar koyun eti üretim kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Damızlık dışı bırakılan koyun ve koçların yerine doğan kuzulardan ikame yapıldıktan sonra geriye kalan erkek ve dişi kuzular kuzu eti üretim kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Kuzu kesim ağırlıkları için yetiştiricilerin bildirdiği kuzu pazarlama ağırlıkları baz alınmıştır. Bu değer canlı ağırlık olarak ortalama 36,82 kg ve karkas randımanı bölgede yapılan bir çalışmadan elde edilen karkas randımanı baz alınarak %45 olarak alınıp karkas ağırlığı 16.57 kg hesaplanmıştır (Olfaz ve ark., 2005; Cam ve ark., 2017). Kuzuların bu karkas değerleri TÜİK (2022)'in Türkiye koyun eti üretimi için bildirdiği 22.69 kg karkas ağırlığından düşüktür. Damızlık dışı bırakılan yaşlı koç ve koyunların karkas ağırlıkları ise TÜİK (2022) verileri baz alınmıştır.

2.3. Üreme Performansı Kriterleri

Üreme performansı ve kuzu üretiminin belirlenmesinde, ankette yer alan soruların cevaplarından yararlanılarak aşağıdaki kriterler hesaplanmıştır. Yetiştirici koşullarında özellikle ekstansif yetiştiricilikte gebelik oranlarını (GO) belirlemek için embriyo ölümleri, erken fötüs kayıplarını belirlemek güç olduğu için doğum yapan koyunların gebe oldukları, doğurmayanların da kısır oldukları (GO=KO) kabul edilmiştir.

$$\text{Gebelik oranı (GO)} = \left[\frac{\text{Gebe kalan koyun sayısı}}{\text{Koçaltı koyun sayısı}} \right]^{-1} \times 100$$

$$\text{Kuzulama oranı (KO)} = \left[\frac{\text{Kuzulayan koyun sayısı (KKS)}}{\text{Koçaltı koyun sayısı (KAKS)}} \right]^{-1} \times 100$$

$$\text{Doğumda sürü kuzu üretkenliği (DSKÜ) (fecundity, FEC)} = \left[\frac{\text{Doğan toplam kuzu sayısı (DTKS)}}{\text{Koç altı koyun sayısı (KAKS)}} \right]^{-1} \text{ (Cam ve ark., 2017)}$$

$$\text{İkizlik Oranı (İO)} = \left[\frac{\text{İkiz doğuran koyun sayısı (İDKS)}}{\text{Doğuran koyun sayısı (KKS)}} \right]^{-1} \times 100 .$$

$$\text{Kuzu verimi (KV, Litter size LS), Doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı (DKBDKS)} = \left[\frac{\text{DTKS}}{\text{DKS}} \right]^{-1} \text{ formülünden hesaplanmıştır (de Graaf, 2010; Kaymakçı, 2016).}$$

2.4. Analiz Yöntemi

Çalışmadan elde edilen doğum ve sütten kesim ağırlıklarına ait veriler SPSS (2021) paket programında değerlendirilmiştir. Çalışmada tamamiyle şansa bağlı deneme planına göre varyans analizi yapılmıştır. Gruplarda tek sürüye sahip işletmeler kuzu doğum ve pazarlama ağırlığı bakımından ortalama karşılaştırılmasına dahil edilmemiştir. İşletmelerdeki sürülerin ilçe, ırk ve hayvan sayıları (grup) bakımından aralarındaki kuzulama (gebelik) oranları, kuzu verimi (litter size), ikizlik oranı, doğumda sürü kuzu üretkenlik değerleri (fecundity) ve kuzu yaşama gücü oranlarının değerlendirilmesinde χ^2 testinden yararlanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Samsun ilindeki işletmelerin %30'nun hayvan sayısının 50 baştan daha az olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu durum, Türkiye genelinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliği için genel bir olgudur (TÜİK, 2022). Sürülerin önemli bir kısmında hayvanların morfolojik olarak homojenliklerinin bulunmadığı, sürüyü temsil eden ırkın dışında damızlık koç kullanımının yapıldığı gözlenmiştir. Türkiye'de koyun yetiştiriciliği çoğunlukla mera ve yaylaya dayalı otlatma sistemine bağlı olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, mera alanlarının giderek daralması, var olan yapılarının bozulması, merada hayvanları otlatmada çoban bulunamaması gibi problemler hem işletme sayısının hem de işletmelerdeki hayvan sayısının azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla her bir işletme için yukarıda sayılan problemlerin yetiştirici birlikleri ve/veya devlet tarafından çözüme kavuşturulması küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapan işletmelerin üretimdeki payı ve karlılığını yükseltecektir.

3.1. Koyunculuk İşletmelerinde Koyunların Üreme Performansları

İşletmelerdeki sürü yapısına ve sürü üreme performanslarına ait bilgiler, sürü yanında yapılan anketlerdeki, sürünün genel yapısına ait bilgilerden elde edilmiş ve Çizelge 3'te sunulmuştur. İşletmelerde yetiştirilen koyun ırklarının KO ($\chi^2=110.5$, $P<0.001$), İO ($\chi^2=260.4$, $P<0.001$) ve KV ($\chi^2=263.5$, $P<0.001$) bakımından farklılıklara sahip oldukları belirlenmiştir. Irklar arasında üreme performansları bakımından görülen farklılıklarda genetik yapı farklılıklarının yanında işletmelerin bakım-besleme farklılıklarının da etkisi olabilir (Vostrý ve Milerski, 2013; Sallam, 2019).

Koyun sürülerinde KO'nun %92-95 arasında olması normal kabul edilmektedir (Kaymakçı, 2016). Irklara ve genotiplere göre KO değerlerinin %81-100, kuzu verimlerinin 0.97-1.80 arasında değişmesi genotip, işletme koşulları ve sürü idaresinde farklılıkların bulunduğunu göstermektedir. Ankette bir işletmedeki Kıvırcık sürüsünde bildirilen %100 KO ve %80 ikizlik oranı, bu ırkın işletme koşullarına uyumunun ve bakım besleme şartlarının ideal olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. İşletmelerin ırk bazında döl verim performansları**Table 3. Reproductive performances of the farms by breed**

Ir-Ge Br-Gen	İS NF	AO(%) SS (%)	KAKS NEJR	DKS NLE	KO LR	İDKS NTLE	DTKS NLB	İO TR	KV LS	DSKÜ FEC
Akr	3	3.49	363	353	97.25 ^A	17	370	4.82 ^F	1.05 ^F	1.02 ^F
Kry	47	54.65	8560	7789	90.99 ^B	1302	9091	16.72 ^G	1.17 ^G	1.06 ^E
Kry-Kiv	2	1.16	440	400	90.91 ^{BC}	28	428	7.00 ^F	1.07 ^F	0.97 ^G
Kry-Me	1	9.30	350	345	98.57 ^A	20	365	5.80 ^F	1.06 ^F	1.04 ^{EF}
Baf	14	4.65	2282	2031	89.00 ^C	475	2506	23.39 ^E	1.23 ^E	1.10 ^C
Kiv	1	2.34	165	165	100.00 ^A	132	297	80.00 ^A	1.80 ^A	1.80 ^A
Kiv-Sa-Me	1	16.28	300	250	83.33 ^D	80	330	32.00 ^{CD}	1.32 ^{CD}	1.10 ^C
Me	4	1.16	409	334	81.66 ^D	128	462	38.32 ^C	1.38 ^C	1.13 ^{CD}
Me-Sa	4	4.65	538	485	90.15 ^{BC}	146	631	30.10 ^D	1.30 ^D	1.17 ^D
Sa	8	1.16	598	532	88.96 ^C	250	782	46.99 ^B	1.47 ^B	1.31 ^B
Genel (Overal)	86	100	14005	12684	90.56	2738	15422	21.58	1.22	1.10

Ir-Gen: ırklar ve genotipler; Br-Gen: breeds and genotypes; İS: işletme sayısı; NF: number of farms; AO: anketteki oranı, SS: Share in survey; KAKS: koç altı koyun sayı, NEJR: number of ewes joined to ram; DKS: doğuran koyun sayısı; NLE: number of lambing ewes; KO: kuzulama oranı; LR= lambing rate; İDKS: ikiz doğuran koyun sayısı; NTLE: number of twin lambing ewes; DTKS: Doğumdaki toplam kuzu sayısı; NLB: Number of lambs at birth; İO: ikizlik oranı; TR: twin birth rate; KV: Kuzu verimi; LS: litter size; DSKÜ: Doğumda sürü kuzu üretkenliği; FEC: Fecundity; Akr: Akkaraman; Kry: Karayaka; Baf: Bafra; Kiv: Kıvrıcık; Me: Merinos; Sa: Sakız. A-G: Aynı sütunda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılıklar önemlidir. A-G: Differences between values shown with different letters in the same column are important.

Ayrıca Kıvrıcık koyunları için bildirilen bu değerler oldukça yüksek (Alarslan ve Aygün, 2019) olup muhtemel olan, işletme ve bakım beslemenin farklılığının kuzu verimindeki önemini göstermektedir. Bu gözlem, daha önce de belirtildiği gibi (Cam ve ark., 2017; Farrel ve ark., 2022; Yılmaz ve Çam, 2023) uyum yeteneği yüksek ırk kullanımı ve ideal sürü yönetiminin (yeterli bakım ve besleme koşulları) KO ve KV artırılabilirliğini göstermektedir.

Ankete dâhil olan işletmelerin bir çoğunda (yaklaşık %55, 47/86) bölgenin hakim koyun ırkı olan Karayaka koyunu yetiştirilmektedir. Anket sorularına verilen cevaplardan üreticilerin 82'si (%95.35) yetiştirdikleri ırktan memnun, 3'ü (%3.49) orta derecede memnun, 1'i (%1.16) ise memnun olmadıklarını bildirmişlerdir. Havza, Tekkeköy ve Çarşamba ilçelerindeki Bafra, Kıvrıcık, Sakız ve Merinos ırkı koyun bulunduran bazı işletmeler, hayvanlarının Karayaka ırkının yaylaya çıktığı tarihten daha sonra yaylaya (havaların biraz daha ısınması gerekli) çıkabilme, kuzu ölümlerinde artış gibi adaptasyon sorunu olmasına rağmen, yüksek döl verimi (İO) yanında, et ve süt verimi, ana-yavru ilişkisinin ve kuzu büyüme performansının daha iyi olması nedeniyle Karayakadan farklı ırk tercihinde bulduklarını

belirtmişlerdir. Ocak ve ark. (2006) ve Cam ve ark., (2017) da uygun bakım-besleme şartlarında Karayaka koyunlarında da ikiz doğurma potansiyelinin yüksek olduğunu (yaklaşık %56) ve kuzu ölüm oranlarının da kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. Anket sırasında bazı işletmelerdeki sürülerin morfolojik olarak homojen olmadığı dikkat çekmiştir. Bu tip işletmelerde yetiştiricilerin genelde bir arayış içerisinde olduklarını, sürülerinin bir ırk ya da tip olarak sabitleşmediğini göstermektedir. Ayrıca hedefi belirli olmayan melezlemelerin, ırklar arası melezlemeden beklenen olumlu etkileri ortaya çıkaramayacağı gibi (Bourdon, 2014; Kaymakçı, 2016; Hussain ve ark., 2019; Ye ve ark., 2020) eldeki saf ırkların da önemli özelliklerinin yok olmasına neden olacaktır.

İşletmelerin %76.74'ünün koyun varlığının, asgari geçim şartlarını karşılayabilecek düzeyde (104 baş veya daha fazla) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Hayvan sayılarına göre oluşturulan gruplarda sürü büyüklüğünün KO üzerine etkisi önemli ($\chi^2=43.021$; $P<0.001$) bulunmuştur. Anket sonuçlarına göre en yüksek doğum oranı 105-150 baş hayvan sayısına sahip işletmelerde belirlenirken (%92.12), en düşük (%85.13) ise 51-75 baş koyuna sahip işletmelerde olduğu beyan edilmiştir. Bu verilere göre, incelenen sürülerdeki kısırılık oranının (%8-%15 arasında) iyi bakım-besleme uygulamalarının yapıldığı işletmeler için belirlenen sınırlardan (%5-8, Kaymakçı, 2016; Farrel ve ark., 2020) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, incelenen işletmelerde sürü idaresi ve bakım beslemede çok önemli sorunların bulunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada İO ($\chi^2=199.63$; $P<0.001$), KV ($\chi^2=233.28$; $P<0.001$) ve DSKÜ (fecundity) ($\chi^2=159.54$; $P<0.001$) bakımından işletme grupları arasındaki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiş ve ortalama İO %21.58 olarak belirlenmiştir. 0-50 baş arası koyun varlığına sahip işletmelerin İO %46.20 iken, 200 baştan fazla koyuna sahip işletmelerde bu oran %16.92 olarak hesaplanmıştır. Hayvan sayısı düşük olan işletmelerde KO'nun düşük, İO'larının yüksek olması dikkat çekicidir. Bu sonuç, hayvan sayıları düşük olan işletmelerde sürü ırk seçiminde ve sürü yönetiminde sorunların (muhtemelen sürü kompozisyonu (yaş dağılımı), sürünün beslenme düzeyi, yakın akrabalı yetiştirme gibi) bulunduğunu göstermektedir.

Ankete katılan işletmelerin hayvan sayısına göre oluşturulan gruplar bakımından üreme performansı değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Hayvan sayısına göre gruplandırılmış işletmelerde üreme parametreleri

Table 4. *Reproduction parameters in the farms grouped according to the number of animals*

HSİG FGAN	İS FN	AP (%) SS	KAKS NEJR	DKS NLE	KO LR	İDKS NTLE	DTKS NLB	İO TR	KV LS	DSKÜ FEC
0-50	5	5.81	178	158	88.76 ^{BC}	73	231	46.20 ^A	1.46 ^A	1.30 ^A
51-75	8	9.30	518	441	85.14 ^D	147	588	33.33 ^B	1.33 ^B	1.14 ^B
76-104	7	8.14	631	548	86.85 ^{CD}	225	773	41.06 ^A	1.41 ^A	1.23 ^A
105-150	27	31.40	3517	3240	92.12 ^A	102	3342	21.67 ^C	1.03 ^D	0.95 ^D
151-200	11	12.79	1955	1747	89.36 ^B	483	2230	27.65 ^D	1.28 ^B	1.14 ^B
>200	28	32.56	7206	6550	90.90 ^{AB}	1108	7658	16.92 ^E	1.17 ^C	1.06 ^C
Toplam (Total)	86	100	14005	12684	90.57	2738	15422	21.58	1.22	1.10

HSİG: hayvan sayısına göre işletme grupları; FGAN: farms groups according to the number of animals; İS: işletme sayısı; FN: farm numbers; AP: anketteki pay; SS: share in survey; KAKS: koç altı koyun sayı; NEJR: numberr of ewes to joined ram; DKS: doğuran koyun sayısı; NLE: number of lambing ewes; KO: kuzulama oranı; LR: Lambing rate; İDKS: ikiz doğuran koyun sayısı; NTLE: number of twin lambing ewes. DTKS: doğumdaki toplam kuzu sayısı; NLB: number of lambs at birth İO: ikizlik oranı; TR: twin birth rate; KV: kuzu verimi; LS: Litter size; DSKÜ: Doğumda sürü kuzu üretkenliği. FEC: Fecundity.

A-E: sütunlarda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.001$). A-E: differences between the means indicated by different letters in the columns are significant ($P < 0.001$).

İşletme büyüklükleri dikkate alındığında 105-150 baş hayvana sahip işletmelerde DSKÜ değerinin (0.95) düşük olması sürü idaresinde sorunlar olduğunu yansıtmaktadır. İlçelerdeki işletmeler arasında KO ($\chi^2=345.40$; $P < 0.001$), İO ($\chi^2=424.50$; $P < 0.001$), KV ($\chi^2=58.59$; $P < 0.001$) ve DSKÜ, ($\chi^2=64.36$; $P < 0.001$) bakımından farklılıkların önemli olduğu hesaplanmıştır. KO bakımından Tekkeköy, Çarşamba ve Lâdik ilçelerindeki işletmelerin, İO, KV ve DSKÜ bakımından ise Tekkeköy, Havza, Canik ve İlkadım ilçelerindeki işletmelerin en yüksek değerleri gösterdikleri saptanmıştır (Çizelge 5).

İşletme kârlılığının en önemli göstergelerinden biri doğumda koç altı koyun başına elde edilen kuzu sayısının (DSKÜ, 1.10), süttan kesimde veya ekonomiye kazandırılmada ne ölçüde korunduğudur (Vostrý ve Milerski 2013; Smith ve ark., 2023). Özellikle düşük verimli ırklar bakımından doğumda sürü kuzu üretkenliğinin ve ekonomiye kazandırılan kuzu sayısının koç altı koyun başına 1 ve 1'den daha yüksek olması, ilgili işletmede genotipin adaptasyon sorununun ve sürü yönetimi ve kuzuların bakım-beslenmesi ile ilgili sorunların olmadığını göstermektedir. Ancak burada sonuçlar bir kaç işletmenin ortalaması olarak verildiğinden düşük performanslı işletmelerin varlığı gözden kaçmaktadır.

Çizelge 5. Ankette yer alan işletmelerin ilçelere göre üreme performansları**Table 5.** Reproductive performance of the farms in the survey by districts

İlçeler <i>Districts</i>	İS <i>NF</i>	KAKS <i>EJR</i>	DKS <i>NLE</i>	İDKS <i>NTLE</i>	KO <i>LR</i>	DTKS <i>TNLB</i>	İO <i>TR</i>	KV <i>LS</i>	DSKÜ <i>FEC</i>
Alaçam	12	2303	2002	392	86.93 ^A	2394	19.58 ^C	1.20 ^C	1.04 ^D
Bafra	9	1294	1171	190	90.50 ^{BE}	1361	16.23 ^D	1.16 ^D	1.05 ^{CD}
Canik	8	1144	909	311	79.46 ^C	1220	34.21 ^B	1.34 ^B	1.07 ^C
Çarşamba	21	3744	3515	402	93.88 ^D	3917	11.44 ^E	1.11 ^E	1.05 ^{CD}
Havza	11	957	822	320	85.89 ^A	1142	38.93 ^A	1.39 ^A	1.19 ^B
İlkadım	1	109	95	19	87.16 ^{AB}	114	20.00 ^C	1.20 ^C	1.05 ^{CD}
Lâdik	6	1060	982	92	92.64 ^{DE}	1074	9.34 ^E	1.09 ^E	1.01 ^E
Tekkeköy	11	1986	1903	770	95.82 ^F	2673	40.46 ^A	1.40 ^A	1.35 ^A
Veziroğlu	7	1408	1285	242	91.26 ^{BE}	1527	18.83 ^{CD}	1.19 ^{CD}	1.08 ^C
Toplam (<i>Total</i>)	86	14005	12684	2738	90.57	15422	21.58	1.22	1.10

İS: işletme sayısı, NF: number of farms; KAKS: koç altı koyun sayısı; DKS: doğuran koyun sayısı; İDKS: ikiz doğuran koyun sayısı; KO: kuzulama oranı; DTKS: doğumdaki toplam kuzu sayısı; NLB: number of lambs at birth; İO: ikizlik oranı; TR: twin birth rate; KV: kuzu verimi, LS: litter size; DSKÜ: doğumda sürü kuzu üretkenliği; FEC: (Fecundity): number of lambs per ewes to joined ram; A-F: sütunlarda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.001). A-F: differences between the means indicated by different letters in the columns are significant (P<0.001).

Çizelge 5'te görüleceği gibi bazı işletmelerde KO kabul edilebilir değerlerin altında olduğu ve bazı işletmelerde koçaltı koyun başına 1 kuzunun elde edilemediği (Çizelge 4, 105-150 grubu) görülmektedir. Bu işletmelerde, yetiştirilen genotip veya işletme yönetimi (bakım-besleme) bakımından sorunlar yaşandığını göstermektedir.

3.2. Kuzu Doğum ve Pazarlama Ağırlıkları

İşletmelerde en yüksek kuzu doğum ağırlığı 3.71 kg ile 76-104 baş hayvan sayısına sahip işletmelerde görülürken en az 3.23 kg ile 151-200 baş hayvan sayısına sahip işletmelerde belirlenmiştir. İlçelere göre kuzu doğum ağırlığı ortalaması en fazla 4.00 kg ile Lâdik ilçesinde en düşük ise 2.81 kg ile Tekkeköy ilçesinde belirlenmiştir. Koyun ırkları arasında Kıvırcık, Merinos ve Karayaka-Kıvırcık yetiştiriciliği yapan işletmelerde en yüksek kuzu doğum ağırlığı (4.00 kg), en düşük ise Sakız ırkı koyunlarda (3.31 kg) beyan edilmiştir. Ankete verilen cevaplara dayanılarak kuzu doğum ağırlığı ortalama 3.51 kg olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. İlçelere, ırklara ve hayvan sayısına göre gruplandırılmış işletmelerde kuzu doğum ve süttten kesim ağırlıkları (kg, Ort±Sh)

Table 6. Lamb birth and weaning weights in the farms grouped according to districts, breeds and number of animals (kg, mean ±SEM)

İlçeler (Districts)	İS (NF)*	KDA (LBW)	KPA (MWL)	En Az- En Fazla (Min.-Max.)
Alaçam	12	3.67±0.07	33.33±1.88 ^C	20-40
Bafra	9	3.72±0.18	31.11±2.86 ^C	20-40
Canik	8	3.25±0.31	38.13±4.43 ^B	20-55
Çarşamba	21	3.71±0.17	31.90±2.66 ^C	18-50
Havza	11	3.40±0.29	32.18±2.99 ^C	20-50
İlkadım	1	3.00±0.00	45.00±0.00	45-45
Lâdik	6	4.00±0.00	44.58±1.36 ^A	40-50
Tekkeköy	11	2.81±0.26	46.82±1.22 ^A	40-50
Vezirköprü	7	3.50±0.00	47.14±1.01 ^A	45-50
Ir-Gen (Br-Gen)				
Akr	3	3.50±0.28	41.33±8.67 ^{BC}	24-50
Kry	47	3.47±0.11	35.59±1.64 ^D	18-50
Kry-Kıv	2	4.00±0.00	42.50±2.50 ^B	40-45
Kry-Me	1	3.50±0.00	45.00±0.00	45-45
Kry-Sa-Me	15	3.43±0.17	36.67±2.27 ^D	20-50
Kıv	1	4.00±0.00	50.00±0.00	50-50
Kıv-Me	1	3.50±0.00	40.00±0.00	40-40
Me	4	4.00±0.40	32.50±6.29 ^D	20-50
Me-Sa	4	3.75±0.43	48.75±2.39 ^A	45-55
Sa	8	3.31±0.24	34.78±3.83 ^D	20-50
HSİG (FGAN)				
0-50	5	3.50±0.50	31.00±4.30 ^C	20-45
51-75	8	3.25±0.16	33.12±3.65 ^{BC}	20-50
76-104	7	3.71±0.26	41.29±3.52 ^A	24-50
105-150	27	3.61±0.11	35.19±2.11 ^B	20-55
151-200	11	3.23±0.22	37.68±4.23 ^B	20-50
> 200	28	3.54±0.16	39.04±1.81 ^{AB}	18-50
Toplam (Total)	86	3.51±0.80	36.82±1.16	18-55

Ir-Gen: ırklar ve genotipler; Br-Gen: breeds and genotips; İS: işletme sayısı; NF: number of farms; A-D: sütunlarda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.001). A.D: the differences between the means in the columns are significant (P<0.001); KDA: kuzu doğum ağırlığı (kg). LBW: lamb birth weight (kg); KPA: kuzu pazarlama ağırlığı; MWL: marketing weight of lamb; Min: minimum; Max: Maksimum; HSİG: hayvan sayısına göre işletme grupları; FGAN: farms groups according to the number of animals; Akr: Akkaraman; Kry: Karayaka; Kıv: Kıvrıcık; Me: Merinos; Sa: Sakız.

Çizelge 6'da sunulan sonuçlar üzerinde, ekstansif üretim işletmelerinde kuzuların yetiştirildiği çevre koşullarındaki farklılıkların doğum ve pazarlama ağırlıklarına nasıl yansıdığı ile ilgili değerlendirme yapmayı güçlendirmektedir. Genel olarak kuzu doğum ve süttan kesim ağırlıklarında genetik yapının, doğum tipinin, cinsiyetin ve bakım besleme gibi çevre faktörlerinin etkileri bulunmaktadır (Cam ve ark., 2017; Brand ve ark., 2017; Prache ve ark., 2022). Kuzuların yetiştirilme yerlerine, ırklara veya genotiplere göre beyan edilen pazarlama ağırlıkları arasındaki değişim aralığı 18-55 kg'dır. Pazarlama ağırlıkları arasındaki bu varyasyon ilde kuzu pazarlama ağırlıklarının artırılmasına yönelik bir potansiyelin varlığını göstermektedir ve işletme kârlılığı, birim hayvan başına kuzu pazarlama ağırlığının araştırılmasına da bağlıdır (Smith ve ark., 2023).

Pazarlama ağırlıklarındaki farklılıklar, besi yeri koşulları (sıcaklık, nem, besleme düzeyi), besiyeye başlama yaşı, besi süresi ve besi sonu yaşı arasındaki farklılıklar ile genotipik farklılıklarından kaynaklanabilir (Brand ve ark., 2017; Prache ve ark., 2022).

3.3. Kuzu Ölüm Oranları ve Ölüm Nedenleri

Ankete alınan işletmelerde karşılaşılan kuzu ölüm nedenleri bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur ($\chi^2=65.465$; $P<0.001$). Ölüm nedenleri ishal %46.51 (40/86), nedeni bilinmeyen doğum sırasındaki ölümler %18.6 (16/86), yetersiz ve dengesiz besleme %25.58 (22/86), doğum öncesi ölüm %2.33 (2/86) ve hastalık (enterotoksemi, clostridial) %6.98 (6/86) olarak bildirilmiştir. Yetiştiriciler, kuzu ölümlerinin büyük kısmının ikiz doğan kuzularda olduğunu ve bunun nedeninin yetersiz beslenme olduğunu ifade etmişlerdir. Doğumun hemen öncesi ve hemen sonrası nedeni bilinmeyen ölümler ile yetersiz-düzensiz beslemeye dayalı kuzu ölümlerinin toplam ölümler içerisindeki payı %44.18 olarak belirlenmiştir.

Ankete dahil olan işletmelerin toplamında 1232 baş kuzunun öldüğü beyan edilmiş ve bu beyanlara dayanarak, genelde kuzu ölüm oranı %7.99 olarak hesaplanmıştır. Kuzu ölüm oranlarında ishale dayalı ölümlerin %51.70 (637/1232), yetersiz beslenmeye dayalı ölümlerin %37.01 (456/1232), doğum sırasındaki ölümlerin %2.76 (34/1232), hastalığa bağlı ölümlerin %7.63 (94/1232) ve doğum öncesi ölümlerin %0.97 (12/1232) düzeyinde payları olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Smith ve ark., (2023)'ün Avusturya koyun üretim sistemlerinde güç doğum, yaralanma, ana bakım yetersizliği ve açlık nedeniyle kuzu ölümlerinin, toplam ölümler içerisinde ortalama %40'lara ulaştığını bildiren sonuçlarıyla uyumludur. Yetiştiricilerin kuzu ölümlerinin çoğuz doğumlarda yoğunlaştığı ile ilgili bildirişleri de Cam ve ark., (2018)'nin bulguları ile uyumaktadır. İshal ve mikrobik kaynaklı ölüm nedenleri, etken belli olduktan sonra zamanında yapılacak (iç ve dış parazit, enterotoksemi mücadelesi gibi) ilaçlama ve aşılama (çoklu karma aşı) ile önlenebilecek (Abbott, 2018) veya en azından ölüm oranlarını düşürebilecek olgular olarak

düşünülmektedir. Canlı doğan kuzuların (özellikle geliri kasaplık kuzu üretimine dayalı olan işletmelerde), doğumların yoğunlaştığı dönemdeki bakım besleme ile ekonomiye kazandırılması işletme karlılığında rol oynayan temel faktörlerden biridir (Cam ve ark., 2018; Smith ve ark., 2023).

3.4. Sürü Yönetimi, Yetiştirme Sistemi ve Besleme

Ankete dahil işletmelerin tamamında koç katımı serbest olarak yapılmaktadır. Koyunların serbest aşım ile tohumlandığı tüm işletmelerin 75'inde (%87.21) koç ayırımı yapıldığı, 11'inde (%12.79) ise yapılmadığı belirlenmiştir. İşletmelerde koç ayırımına gidilmemesinin temel nedenlerinin başında hayvanları ayrı otlatacak bakıcı bulamama gelmektedir. Sürülerdeki genç dişilerin (bir yaşına ulaşmamış) bir kısmının cinsel olgunluğa erişir erişmez (koç sürekli olarak sürü içinde bulunduğu) damızlık olarak kullanıldıkları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte ankette sorulan soruların cevaplarından genel olarak genç dişilerin ilkine damızlıkta kullanma yaşının yaklaşık 18 aylık olduğu beyan edilmiştir. Bu durum işletmelerin sürü üreme performansının düşük (%10 kısırılık) olmasında ana etkenlerden birisi olmuştur. Dişilerin damızlıkta kullanılma yaşı üreme performansını etkileyen faktörlerden biri olduğu için (Gallego-Calvo ve ark., 2015; Freitas-de-Melo ve ark., 2022), ildeki işletmelerin planlı sürü yönetimi hakkında yeterli bilgi sahibi olmadıkları söylenebilir.

İncelenen işletmelerdeki yetiştiricilerin %30.23'si (26/86) damızlık koç ya da koçları kendi işletmesi dışından, %58.14'i (50/86) kendi işletmesinden ve %11.63 (10/86) ise hem kendi işletmesinden hem de dışardan temin ettiğini bildirmiştir. Yetiştiriciler koçlarını 2.6-4.2 yıl arasında damızlıkta kullandıklarını bildirmişlerdir. Bu durum hayvan sayısı düşük olan işletmelerde döl veriminin ve kuzu büyüme performansının düşük olmasının nedenleri arasında (Bourdon, 2014) düşünülebilir.

Yetiştirme sistemi olarak üreticilerin %91.86'sı (79/86) havaların ısınmasıyla birlikte koyunlarını yaylaya götürürken %8.14'ü (7/86) ise götürmemektedir. Hayvanların özellikle Karayaka ırkının sahil kesimlerinden yaylalara götürülmesi sıcaklık ve nem stresinden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

Yetiştiricilerden %73.26'sı (63/86) çoban tutarken %26.74'ü (23/86) ise kendi aile iş gücünü kullanmaktadır. Hayvanların meraya çıkamadığı veya ek yemlemenin yapılması zorunluluğu durumlarında, yetiştiricilerin %44.2'si (38/86) yem teminini kendi işletmesi dışından, %8.14'i (7/86) kendi işletmesinden ve %47.67 (41/86) yetiştirici ise hem kendi işletmesinden ve hem de dışardan temin ettiğini bildirmiştir. Koyunculuk işletmeleri için çoban bulabilme ve yem temininin dışarıdan karşılanması, karlılığı kısıtlayan önemli bir sorundur.

3.5. İşletmelerin Faaliyet Alanları ve İşletme Sahipleriyle İlgili Bilgiler

Koyunculuk işletmelerinin ortaya çıkacak risk durumlarındaki kırılganlıklarını (koyunculuk faaliyetini sürdürebilme potansiyellerini) belirlemek için koyunculuk dışındaki faaliyetleri sorulmuş ve Tablo 7'deki sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 7. İşletmelerin koyunculuk dışındaki faaliyet alanları

Table 7. Activity areas of the farms other than sheep breeding

Faaliyet Biçimi Mode of activity	İS NF	ATO (%) RRS (%)	KYİGP (%) SSFBI (%)
Büyükbaş Hayvancılık (<i>Cattle Husbandry</i>)	32	37.21	42.9
Diğer Tarımsal Faaliyet (<i>Other Agricultural Activity</i>)	26	30.23	56.9
Tarım Dışı Faaliyet (<i>Non-Farm Activity</i>)	15	17.44	74.7
Yalnız Koyunculuk Faaliyeti (<i>Only Sheep Activities</i>)	13	15.12	100.0
Toplam (<i>Total</i>)	86	100	

İS: işletme sayısı, NF: number of farms; ATO: anketteki temsil oranı; RRS: representation rate in the survey; KYİGP: Koyun yetiştiriciliğinin işletme geliri içindeki payı; SSFBI: Share of sheep farming in business income

Tarım dışı faaliyette bulunan %17.44'lük (15/86) işletmelerin gelirlerinde koyunculüğün payını %74.7 olarak bildirmesi dikkat çekici bulunmuştur. Koyunculuk işletmelerinin sadece %15'inin (13/86) geçimini koyunculuk faaliyeti ile sağlaması, koyun yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği açısından düşük bir oran olduğu değerlendirilebilir. Diğer yandan başka faaliyetlerle birlikte koyunculuk yapan işletmelerin koyunculuktan sağladığı gelirlerdeki payları dikkate alındığında, koyunculuktaki küçük risk durumlarında diğer faaliyetlerin bir destek olarak kullanılabilmesi yanında koyunculuktan tam olarak diğer faaliyet alanına yönelme riskini de taşımaktadır. Dolayısı ile ankete alınan koyunculuk işletmelerinin %85'inin koyunculuk dışında başka bir faaliyette bulunması, ortaya çıkacak risk durumlarında hem olumlu hem de olumsuz olarak değerlendirilebilir.

Koyunculuk faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından işletme sahiplerinin yaşı ve aile desteği önem taşımaktadır. Ankete dahil olan yetiştiricilerin yaş ortalamaları 47.5 yıl (19-70 yaş), koyunculukla ilgilenen kişi sayısı ortalaması 4.8 (1-15), geçimini koyunculuktan sağlayan kişi sayısı ortalaması 5.5 olarak belirlenmiştir.

3.6. Kuzuların Pazarlama Yöntemi

İncelenen işletmelerin gelirlerinin en önemli kısmının kuzu satışlarından, çok azında peynir yapımından elde edildiği belirlenmiştir. İşletmelerin %80.23'i

(69/86) kuzular ortalama 36 kg olduklarında (kuzu eti olarak talep fazla olduğundan) peşin, %19.77 (17/86) yaklaşık 40 kg ve üstü canlı ağırlıkta iken (kuzu başı daha fazla fiyat, ama kasapların kuzu eti olarak değerlendirilmiyor, satamıyorduz bahanelerinden dolayı) vadeli olarak pazarlamaktadır. İşletmelerin %69.77'si (60/86) kuzularını kendi kesip (anlaşmış olduğu yerlere) pazarlarken, %30.23'ü kasap ya da tüccar aracılığı ile pazarlamaktadır. Kesime gönderilecek erkek kuzular (45-60 günlük olduklarında), işletmelerde geceleri anaları ile birlikte kalıp, gündüz analarından ayrılarak 45 veya 60 günlük besiyeye alındıktan sonra pazarlanmaktadır.

3.7. Samsun İli Kuzu Üretim Potansiyeli

Samsun ili kuzu üretim potansiyelinin belirlenmesinde, sürü mevcudunun %30'unun ayıklanan dişi (Farrel ve ark., 2020) koyunlar ve bunların yerine ikame edilecek genç dişilerden oluştuğu varsayılmıştır. Sürüde 25 koyuna bir koçun damızlık olarak kullanıldığı varsayılmış ve koç sayısı sürü mevcuduna (koçaltı koyun) dahil edilmemiştir (Çizelge 8). Hesaplama koçaltı koyun için, normal sınırlarda kabul edilen kısırlik oranı %8 (%5-%8) (Kaymakçı, 2016) kullanılmıştır. Kasaplık çağa kadar normal kabul edilen ve çalışmada belirlenen %8 kuzu ölüm oranı ile ilgili sonuç ise Sallam, (2019)'ın %15.97 ve Smith ve ark. (2023)'nın %16.2 ve Gowane ve ark., (2018)'nin bildirdikleri %28.0 oranlarından düşük, (%3) oranından yüksektir.

Et üretim potansiyelinin hesaplanmasında, çalışmadaki ortalama ikizlik oranı (%21.58) kullanılmıştır. Ayrıca hesaplamada sürü mevcudunun sabit ve damızlık dişilerden oluştuğu, her yıl sürüdeki damızlık dişilerin %30'unun koçların da %4'ünün ayıklandığı ön görülmüştür. Ayıklanan damızlık dişilerin (%30) yerine genç dişilerin ve damızlıktan çıkarılan koçların (25 koyuna bir koç %4) yerine erkek kuzulardan ikame yapıldığı varsayılmıştır (Farrell ve ark., 2020). Damızlıktan çıkarılan ergin dişi koyunlar ve koçlar koyun eti üretim kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Damızlık dışı bırakılan koyun ve koçların yerine doğan kuzulardan ikame yapıldıktan sonra geriye kalan erkek ve dişi kuzular kuzu eti üretim kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Kuzu kesim ağırlıkları için yetiştiricilerin bildirdiği kuzu pazarlama ağırlıkları baz alınmıştır. Bu değer canlı ağırlık olarak ortalama 36.82 kg ve karkas randımanı bölgede yapılan bir çalışmadan elde edilen karkas randımanı baz alınarak %45 olarak alınıp karkas ağırlığı 16.57 kg hesaplanmıştır (Cam et al., 2017). Kuzuların bu karkas değerleri TÜİK (2022)'in Türkiye koyun eti üretimi için bildirdiği 22.69 kg karkas ağırlığından düşüktür. Damızlık dışı bırakılan yaşlı koç ve koyunların karkas ağırlıkları ise TÜİK (2022) verileri baz alınmıştır.

Çizelge 8. Samsun ili kuzu eti ve koyun eti üretim potansiyeli**Table 8.** Lamb meat and mutton meat production potential in Samsun

Parametreler (Parameters)	Değerler (Values)
Mevcut koyun sayısı (sürü büyüklüğü, baş), <i>Number of sheep available (herd size, head)*</i>	204639
Koçaltı koyun sayısı (%30 ayıklama sonrası), <i>Ewes number to joining ram (30% after culling)</i>	143247
Ayıklanan koyun sayısı (baş), <i>Culling ewes (head)</i>	61392
Kısırlık (%8), <i>Infertility (8%)</i>	11460
Doğum yapan koyun sayısı (baş), <i>Number of lambing ewes (head)</i>	131787
Doğan kuzu sayısı (ikizlik %21,58), <i>Number of born lambs (twinning rates 21.58%)</i>	165788
Ölen kuzu sayısı (death rate %8), <i>Number of deaths lambs (mortality rate 8%)</i>	13263
Yararlanılabilir kuzu sayısı (baş) (165788-13263) <i>Number of remaining lambs (head) (165788-13263)</i>	152525
Dişi veya erkek doğma ihtimali (%50) – <i>Possibility of female or male birth (50%)</i>	76262
Damızlık dışı dişi kuzu sayısı (Dişi kuzu sayısı)-(ayıklanan koyun sayısı); (76262-61362) <i>Non-breeding female lambs (Number of female lambs) –(culling ewes); (76262-61362)</i>	14870
Damızlık dışı erkek kuzu (Erkek kuzu sayısı (76262)- (damızlık koç sayısı (143247/25) <i>Non breeding ram lambs (Number of male lambs- Number of stud rams, 143247/25)</i>	70532
Kuzu (dişi + erkek) eti üretim potansiyeli (kg), (14870+70532) x 16,57=141511kg <i>Lamb (female + male) meat yield potential (kg)</i>	
Damızlıktan çıkarılan koç (5730) + koyun sayısı (61392) <i>Number of non-breeding rams (5730) + ewes (61392)</i>	67122
Damızlık dışı bırakılan koyun ve koç eti üretimi (67122x 22,69) kg <i>Culling ewes and rams meat yield, (61392 head x 22.69 kg carcass) kg</i>	
Samsun ili kuzu ve koyun eti üretim potansiyeli (kg), (141511 + 1516957) <i>Lamb and mutton meat production potential in Samsun (kg), (1.415.111 + 1.522.998)</i>	

*: Sürü kompozisyonunun %30'unun genç dişilerden oluştuğu var sayılmıştır. (It is assumed that 30% of the herd composition consists of young females)

Samsun ili koyun mevcudu üzerinden hesaplanan et üretim potansiyeli, normal yetiştirme ve üretim riskleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Hesaplanan değer sürü büyüklüğü, sürü yönetimi ve damızlık dışı kuzuların kesim için hazırlanmalarına göre değişebilecektir.

Samsun ilinin 204639 baş koyun mevcudundan, sürü kompozisyonu (ayıklama oranı, elde edilen kuzu miktarları, erkek ve dişi damızlık seçim oranları, meydana gelen kayıp oranları) dikkate alınarak üretilebilecek kuzu eti miktarı (1415111 kg), sürüden ayıklanan koç ve damızlık dışı dişi koyunlardan elde edilen (1522998 kg)'ın eklenmesi ile birlikte de Samsun ilinin koyun eti üretim potansiyeli 2938109 kg (2938.1 ton) et olarak tahmin edilmiştir. Bu değer Türkiye toplam kırmızı et üretiminin (2191625 ton) %0.13'ünü ve Türkiye koyun eti üretiminin (489354 ton; TÜİK,2022) %0.60'ını karşılamaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Samsun ili koyunculuk işletmelerinde işletme başına koyun sayısı ortalama 58 baş, 105 baş ve üzeri koyun sayısına sahip işletme oranı %66 olarak belirlenmiştir. Koyunlarda gebelik, ikizlik, koçaltı koyun başına kuzu verimleri ve kuzu pazarlama ağırlıkları işletmelere, ırklara, ilçelere ve işletmelerin hayvan sayısı gruplarına göre değişmektedir. Kuzu ölümleri büyük oranda besleme ve sürü yönetimine bağlı nedenlere dayanmaktadır.

Çoban bulunmadığından dişi ve erkek karışık yetiştirilen sürülerde, genç dişiler erken damızlıkta kullanılmaktadır. Bu durum işletmelerdeki üreme performansını olumsuz etkileyen faktörlerin başında gelmektedir gözlemlenmiştir.

Yetiştiricilerde koç katım usulu, bir yılda iki kuzulatma gibi sürü yönetimi ile ilgili uygulamalarda yeterli olmamakla birlikte bir bilinçlenmenin var olduğu belirlenmiştir. İşletmelerde koyunculuk ile ilgilenen kişi sayısı ortalaması 4.8, geçimini koyunculuktan sağlayan kişi sayısı ortalaması 5.5, işletme sahibi yaş ortalaması 47.5 yıl olarak belirlenmiştir. Ankete alınan işletmelerin 13 (%15.12)'ü sadece koyunculuk yaparken geri kalan koyunculuk dışında çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. Yetiştiricilerin %91.9'u sürüsünü yaylaya çıkarmakta ve %73.26'sı sürü bakımı için çoban tutmaktadır. Kuzuların pazarlama ağırlığı ortalaması 36.82 kg ve pazarlama durumu %80.23 olarak peşin yapıldığı beyan edilmiştir.

Hayvanların otlatmaya çıkarılmadığı ve hassas fizyolojik dönemlerde yapılacak ek yemlemelerde kaba ve kesif yem temininde sıkıntılar yaşamaktadır. Sürülerdeki damızlık koçlar büyük oranda kendi işletmelerinden seçilmekte ve ortalama 4.2 yıl damızlıkta kullanılmaktadır.

İşletmelerde koyun yetiştiriciliğinden elde edilen gelir büyük oranda kuzu üretiminden karşılanmaktadır. Elde edilen kuzu sayıları ve pazarlama ağırlıkları bakımından işletmeler arasındaki farklılıklar, kuzu eti üretim potansiyelini artırabilme fırsatlarını da ifade etmektedir. Yetiştiricilerin kuzu ölümleri, hayvanların fizyolojik durumlarına göre besleme, sürü yönetimi ve üretim sistemleri konusunda desteklerle 2938109 kg (2938.1 ton) olan koyun-kuzu et üretim potansiyeli daha da artacaktır. Koyun üretim bölgelerindeki sorunların ve potansiyelin ortaya konması için yapılacak çalışmalar ve bunlara dayalı çözümlerin ortaya konması daha fazla üretim olarak yankı bulacaktır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik

Bu çalışmanın Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu (2020/830) yönergesine uygunluğu onanmıştır.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): MAG(%25), MAÇ(%75),

Veri Toplanması (Data acquisition): MAG(%100), MAÇ(%0)

Veri Analizi (Data analysis): MAG(%30), MAÇ(%70)

Makalenin Yazımı (Writing Up): MAG(%25), MAÇ(%75)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): MAG(%5), MAÇ(%95)

KAYNAKLAR

- Abbott, K., 2018. The Practice of Sheep Veterinary Medicine. 616p. Published in Adelaide University Press, Barr Smith Library, South Australia.
- Anonim, 2022. Samsun Tarım Orman İl Müdürlüğü verileri.
- Alarşlan, E., Aygün, T., 2019. Yalova'daki kıvrık koyunların bazı süt verimi ve dölverimi özelliklerinin belirlenmesi. Black Sea Journal of Agriculture, 2(2), 86-92.
- Bourdon, F.R., 2014. Understanding Animal Breeding, Second Edition, 513P, Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, Harlow, Essex CM20 2JE, UK.
- Brand, T.S., van der Westhuizen, E.J., van der Merwe, D.A., Hoffman, L.C., 2017. Effect of days in feedlot on growth performance and carcass characteristics of Merino, South African Mutton Merino and Dorper lambs. South African Journal of Animal Science, 47(Supl 1), 26-33. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i1.5>
- Cam, M.A., Kirikci, K., Garipoğlu, A.V., 2018. Body condition status at mating affects gestation length, offspring yield and return rate in ewes. Archives Animal Breeding, 61(2), 221-228. <https://doi.org/10.5194/aab-61-221-2018>
- Cam, M.A., Olfaz, M., K Kırıkçı, Garipoğlu, A.V., Soydan, E., 2017. Market Productivity of Single and Twin Bearing Karayaka Ewes. Hayvansal Üretim, 58(1): 20-27. <https://doi.org/10.29185/hayvuretim.333775>
- Çam, M.A., Kuran, M., Selçuk, E., 1999. Karayaka'larda kuzuların Doğum sonrası anaları ile birlikte bulunma sürelerinin koyun ve kuzu Davranışı ile kuzuların gelişmesine etkileri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 23(Ek Sayı 2), 335-341.
- De Graaf, 2010. Reproduction. International Sheep and Wool Handbook, Edit, Cottle, D.J. Nottingham University Press.189-222.UK.
- FAO 2022. Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Erişim tarihi: 30.Haziran 2023).
- Farrell, L., Creighton, P., Bohan, A. McGovern, F., McHugh, N., 2022. Bio-economic modelling of sheep meat production systems with varying flock litter size using field data. Animal, The international journal of animal biosciences, 16, 100640. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100640>
- Farrell, L.J., Kenyon, P.R., Tozer, P.R., Ramilan, T., Cranston L.M., 2020. Quantifying sheep enterprise profitability with varying flock replacement rates, lambing rates, and breeding strategies in New Zealand. Agricultural Systems, 184, 102888. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102888>
- Freitas-de-Melo, A., Agrati, D., Rodriguez, M.G.K., Pérez-Clariget, R., Ungerfeld, R., 2022. Sex or maternal care? Nursing oestrous ewes prefer to interact with rams over their lambs. Applied Animal Behaviour Science, 257, 105800. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105800>
- Gallego-Calvo, L., Gatica, M.C., Guzmán, J.L., Zarazaga L.A., 2015. Reproductive performance response to the male effect in goats is improved when doe live weight/body condition score is increasing. Animal Reproduction Science, 156, 51-57. <http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.03.001>

- Gowane, G.R., Swarnkar C.P, Prince, L.L.L., & Kumar, A., 2018. Genetic parameters for neonatal mortality in lambs at semi-arid region of Rajasthan India. *Livestock Science*, 210, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.02.003>
- Herrero, M., Havlík, P. Valin, H. Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K. Blümmel, D., Weiss, F., Grace, D., Obers- teiner, M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of The National Academy of Sciences (PNAS)*, 110(52), 20888-20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>
- Hussain, M.S., Appannavar, M.M., Yathish, H.M., Suranagi, M.D., Biradar, U.S., Asharani A.D., 2019. Estimation of body weight and dressed weight in different sheep breeds of Karnataka. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 4(6): 10-14.
- Işık, A. 2006. Uygulamalı İstatistik-1. 510 sy. Beta basım Dağıtım A.Ş. Himaye-i Etfal Sokak Talas Han No:13-15, Çağaloğlu İstanbul.
- Kaymakçı, M., 2016. İleri Koyun Yetiştiriciliği. Genişletilmiş V. Baskı, 370sy. Bornova İzmir.
- Moloney, A.J., Peter, T.R., Morris, S.T., Kenyon P.R., 2023. Bigger lambs or more lambs: The conundrum for New Zealand lamb producers. *Livestock Science*, 270; 1051204. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105204>
- Ocak, N., Cam, M. A., Kuran, M., 2005. The effect of high dietary protein levels during late gestation on colostrum yield and lamb survival rate in singleton-bearing ewes. *Small Ruminant Research*, 56(1-3), 89-94.
- Ocak, N., Cam, M. A., Kuran, M., 2006. The influence of pre-and post-mating protein supplementation on reproductive performance in ewes maintained on rangeland. *Small Ruminant Research*, 64(1-2), 16-21.
- Olfaz, M.Ocak, N., Erener, G., Çam, M.A., Garipoğlu, A.V., 2005. Groth, carcass and meat characteristics of Karayaka growing rams fed sugar beet pulp, partially substituting for grass hay as forage. *Meat Science*, 70,7-014.
- Özalp, M., Sayın, C., 2018. Antalya'da küçükbaş hayvancılıkta sürdürülebilirliğe etki eden ekonomik faktörlerin değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 1-11.
- Prache, S., Schreurs, N., Guillier, L., 2022. Review: Factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16(Spl 1), 100330. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100330>
- Sallam A.M. 2019. Risk factors and genetic analysis of pre-weaning mortality in Barki lambs. *Livestock Science*, 230:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103818>
- Smith, E.G., Hine, B.C., Acton, G.A., Bell, A.M., Doyle, E.K., Smith, J.L., 2023. Ewe udder and teat traits as potential selection criteria for improvement of Merino lamb survival and growth. *Small Ruminant Research*, 225, 107019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107019>
- SPSS, 2021. IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.
- TÜİK, 2022. Türkiye istatistik kurumu. Tarım istatistikleri. Erişim adresi ve tarihi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2022-49682>, (Erişim tarihi: 10 Nisan 2023).
- Vostrý, L., Milerski, M., 2013. Genetic and non-genetic effects influencing lamb survivability in the Czech Republic. *Small Ruminant Research*, 113: 47- 54. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.02.008>
- Willingham, T. Shelton, M., Thompson, P., 1986. An Assessment of Reproductive Wastage in Sheep. *Theriogenology*, 26 (2), 179-188. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(86\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0093-691X(86)90022-1)
- Wilson R.T. Traoré A., 1988. Livestock Production in Central Mali: Reproductive Performance and Reproductive Wastage in Ruminants in The Agro-Pastoral System. *Theriogenology*, 29 (4), 931-944. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90230-0](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90230-0)
- Ye, Y., Schreurs, N.M., Johnson, P.L., Corner-Thomas, R.A., Realini, C.E., 2020. Carcass characteristics and meat quality of commercial lambs reared in different forage systems. *Livestock Science*, 232:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103908>
- Yılmaz, Ö.F., Çam, M.A., 2023. Küçükbaş Hayvanlarda Sıcaklık Stresinin Refah ve Verim Üzerine Etkileri (The Effects of Heat Stress on Welfare and Production in Small Ruminants) (Online Sözlü bildiri). Hodja Akhmet Yassawi Z. International Congress on Scientific Research Mingachevir State University, 225-231, 24-25 February, Mingachevir, Azerbaijan.



Derim Sonrası Oksin, 1-Metilsiklopropen ve 1-N-Naftilfitalamik Asit Uygulamalarının 'Golden Delicious' Elma Çeşidinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi

The Effect of Auxin, 1-Methylcyclopropene and 1-N-Naphthylphthalamic Acid Treatments on Fruit Quality in 'Golden Delicious' Apple Variety During Storage

Damla Nur TEKKANAT¹, Mehmet Ali KOYUNCU²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
· damlanurr.dna@gmail.com · ORCID > 0000-0003-2796-1285

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
· koyuncu.ma@gmail.com · ORCID > 0000-0003-4449-6709

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 26 Aralık/December 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 28 Şubat/February 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 291-310

Atıf/Cite as: Tekkanat, D.N., Koyuncu, M.A. "Derim Sonrası Oksin, 1-Metilsiklopropen ve 1-N-Naftilfitalamik Asit Uygulamalarının 'Golden Delicious' Elma Çeşidinde Depolama Boyunca Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 291-310.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali KOYUNCU

DERİM SONRASI OKSİN, 1-METİLSİKLOPROPEN VE 1-N-NAFTİLFİTALAMİK ASİT UYGULAMALARININ 'GOLDEN DELİCIOUS' ELMA ÇEŞİDİNDE DEPOLAMA BOYUNCA MEYVE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Çalışmada, 'Golden Delicious' elma çeşidinde derim sonrası bazı uygulamaların depolama süresince meyve kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum derim zamanında derilen elmalar hızlı bir şekilde laboratuvara getirilmiştir. Çeşide özgü şekil, irilik ve boya sahip olan elmalar oksin (20 mg L^{-1}), 1-N-naphthylpht-halamic asit (NPA, $1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), NPA ($1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) +1-Metilsiklopropen (1-MCP, 0.625 ppm) ve kontrol uygulamaları yapılmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Oksin, NPA ve kontrol uygulamaları için kullanılan çözeltilere yayıcı yapıştırıcı olarak Tween-20 ilave edilmiştir ve meyveler çözeltilere 3 dakika daldırılmıştır. NPA+1-MCP uygulaması için elmalar daldırma işleminden sonra 12 saat süre ile oda koşullarında 0.625 ppm 1-MCP uygulamasına tabii tutulmuştur. Üzerindeki su uzaklaştırılmış elmalar plastik kasalara yerleştirilerek $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ve % 90 ± 95 oransal nemde 6 ay boyunca depolanmıştır. Depolama boyunca elmalarda ağırlık kaybı, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı, titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, kabuk rengi, solunum hızı, patojen ve fizyolojik kaynaklı bozulmalar ve duyu kalite değişimi belirlenmiştir. Raf ömrü çalışmaları için soğukta muhafazadan çıkartılan elmalar 7 gün boyunca $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ve % 60 ± 5 oransal nemde bekletilerek aynı analizler yenilenmiştir. 'Golden Delicious' elma çeşidinde hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü sürecinde kalitenin korunması bakımından en iyi sonuç NPA+1-MCP uygulamasından elde edilmiştir. NPA+1-MCP uygulaması yapılan elmalarda depolama boyunca ağırlık kaybı, titre edilebilir asitlik ve solunum hızı diğer uygulamalara göre daha az olmuştur. Optimum dönemde derilerek NPA+1-MCP uygulaması yapılan 'Golden Delicious' elma çeşidinin belirtilen koşullarda 6 ay süreyle soğukta depolanabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak 7 günlük raf ömrü süreci dikkate alındığında soğukta depolama süresinin 5 ay ile sınırlandırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Malus communis*, Etilen ve Oksin İnhibitörü, Soğukta Depolama, Raf Ömrü.



THE EFFECT OF AUXIN, 1-METHYLCYCLOPROPENE AND 1-N-NAPHTHYLPHTHALAMIC ACID TREATMENTS ON FRUIT QUALITY IN 'GOLDEN DELICIOUS' APPLE VARIETY DURING STORAGE

ABSTRACT

In the present study, the effects of some postharvest treatments on fruit quality of 'Golden Delicious' apple variety during storage were investigated. The apples, harvested at the optimal maturity stage, were immediately transported to the laboratory. Fruit, which have the shape, size and color specific to the variety, were divided into 4 groups for auxin (20 mg L⁻¹), NPA (1 µg L⁻¹), NPA (1 µg L⁻¹) +1-MCP (0.625 ppm) and control treatments. For auxin, NPA and control treatments apples were immersed into water containing Tween-20 as a surfactant during 3 min. For NPA+1-MCP treatment, apples were subjected to 0.625 ppm 1-MCP application at room conditions for 12 h after dipping. Dried apples were packaged in plastic boxes and stored at 0 °C at 90±95 % relative humidity for 6 months. Weight loss, soluble solids content, titratable acidity, fruit skin color, respiration rate, decay rate, physiological disorders and sensory quality were determined during cold storage. For shelf life studies, the same analyses were repeated by keeping the apples at 20 °C and 60±5 % relative humidity for 7 days after cold storage. The best result was obtained from NPA+1-MCP treatment in terms of fruit quality during both cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety. Weight loss, titratable acidity and respiration rate during storage were less in apples treated with NPA+1-MCP compared to other treatments. It was concluded that 'Golden Delicious' apple variety, harvested at optimal stage and treated with NPA+1-MCP, can be stored for 6 months at 0 °C at 90±95 % relative humidity. However, considering the 7-day shelf life period, it is recommended to limit the cold storage period to 5 months.

Keywords: *Malus communis*, Ethylene and Auxin Inhibitör, Cold Storage, Shelf Life.



GİRİŞ

Dünya elma üretimi 2024 yılı verilerine göre 95.835 964 tona ulaşmıştır (FAO, 2024). Dünya elma üretimine paralel şekilde Türkiye elma üretimi de artış göstermiştir. Son FAO verilerine göre (2024 yılı) 4 817 500 ton ile dünya elma üretiminin % 5.02'sini gerçekleştiren Türkiye, Çin (% 49.64)'in ardından küresel ölçekte 2. ülke konumundadır (FAO, 2024). Türkiye üretimi il bazında incelendiğinde, en fazla üretim Isparta (1. 230 580 ton)'da gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Türkiye kendi tüketiminden daha fazla elma üreten bir ülke konumundadır.

Elma, her bölgede yetiştirilebilmesi ile geniş üretici kitlesini kapsarken, en fazla tüketim miktarına sahip meyvelerin de öncülüğünü yapmaktadır (Akbaý ve ark., 2005). Elma taze olarak ihracatı yapılan meyvelerden biri olmasıyla da önem taşımaktadır (Peker ve Çelik, 2005). Fakat derimden tüketici sofrasına ulaşıncaya kadar geçen sürede yaş meyve ve sebze de kayıp oranı Türkiye’de hala % 25-30’lar seviyesindedir. Elmada bu kadar fazla olmasa bile muhafaza koşullarının uygun olmaması sebebiyle kalite kaybı oluşmaktadır (Karaçalı, 2009). Derim sonrasında modern depolama şartlarında bile elmada hala ciddi oranda kayıplar gerçekleşmektedir (Türk ve ark., 2017). Bu nedenle klimakterik meyve türlerinden biri olan elmada, derim sonrası kalite kayıplarının sınırlandırılması için uygun depolama koşullarının oluşturulması gerekmektedir (Karaçalı, 2009). Modern meyve yetiştiriciliğinde, birinci sınıf meyve oranına verilen önem toplam verimden daha önemli hale gelmiştir. Elma meyvesinde de bu durum geçerli olup (Barritt, 2000), depolama süresince meydana gelen kalite kayıplarını azaltmak ya da geciktirmek için alternatif uygulama arayışları devam etmektedir.

1-MCP molekül ağırlığı 54, formülü C_4H_6 olan bir maddedir. Başta elma olmak üzere bazı bahçe ürünlerinin kalitesinin korunması ve derim sonrası ömrün uzamasında etileni inhibe ederek etkili olmaktadır. Bitkide etilen reseptörlerine bağlanıp etilenin bu bölgeye ulaşımını engellemekte ve etilenle gerçekleşen tepkimelerin hızını yavaşlatmaktadır (Sisler ve Serek, 1997). Öte yandan 60 yıldan beri yürütülen çalışmalarda, bitkide meydana gelen gelişimin her aşamanın düzenlenmesinde bitki büyüme maddesi olan IAA sorumlu bulunmuştur (Palavan-Ünsal, 1993). Oksinin hücreleri büyümeye teşvik ettiği bilinmektedir. Diğer yandan oksin ve oksin benzeri maddelerin bazı klimakterik ve klimakterik olmayan meyvelerde uygulama zamanına bağlı olarak olgunlaşmayı da geciktirebilmektedir.

1-MCP son yıllarda depolama sırasında kalite kayıplarının yavaşlatılması ve depolama süresinin uzatılması amacıyla elmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bir oksin inhibitörü olan ve meyvelerde etilen sentezini baskıladığı ileri sürülen NPA’nın (Sussman ve Goldsmith, 1981) elmada derim sonrası katite kayıplarının azaltılmasında etkili olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada NPA’nın denemeye dahil edilmesi bu görüşe dayanmaktadır. Etilen sentezini baskılayarak elmalarda derim sonrası yaşam potansiyelini uzatabileceği düşüncesiyle, ülkemizde ilk defa NPA+1-MCP uygulaması bu çalışmada denenmiştir. Bu bilgiler ışığında, NPA+1-MCP başta olmak üzere NPA ve oksin uygulamalarının ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta depolama ve raf ömrü sürecinde kalite kayıplarını azaltarak meyvelerin depolanma sürelerinin uzatılması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, 2020-2021 yılları arasında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait olan Derim Sonrası Fizyolojisi Laboratuvarında yürütülmüştür. Denemede meyve materyali olarak, tüketimi oldukça fazla olan ülkemizde ve araştırma yöremizde hala yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan 'Golden Delicious' elma çeşidi kullanılmıştır. Meyveler, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait, M106 anacına aşılı, 4x2 m dikim aralığına sahip ve modifiye lider terbiye sistemi uygulanmıştır Golden Delicious'parselinden temin edilmiştir. Optimum derim zamanında; meyve gelişme süresi (tam çiçeklenmeden 151 gün sonra), nişasta miktarı (1-10 skalasına göre 5 numara), meyve zemin rengi ve meyve eti sertliğine (90-95 N) bakılarak usulüne uygun olarak derilen meyveler, 45 dk içerisinde soğutmalı araçla (4 °C) laboratuvara getirilmiştir.

Derim Sonrası Uygulamalar

Çeşide özgü irilik ve boyda olan sağlam meyveler deneme de kullanılmak üzere seçildikten sonra Kontrol, NPA, NPA+1-MCP ve Oksin (IAA) uygulamaları için 4 gruba ayrılmıştır. 1. uygulamada meyveler, 3 dakika 20 mg L⁻¹ oksin (IAA, Sigma) çözeltisine daldırılmıştır. 2. uygulamada meyveler, 3 dakika 1 µg L⁻¹ 1-N-naftilfitalamik asit (NPA, Naptalam, Sigma) (Oksin inhibitörü, NPA) içeren çözeltiye daldırılmıştır. 3. uygulamada (NPA+1-MCP) meyveler, önce oda koşullarında (21 °C ve % 50-60 oransal nem) 3 dakika süre ile 1 µg L⁻¹ NPA (Naptalam, Sigma) içeren çözeltiye daldırılmıştır. Daha sonra 12 saat süreyle oda koşullarında 1-MCP uygulaması yapılmıştır. 1-MCP, paslanmaz çelikten imal edilmiş (1m³) içerisinde karıştırıcı fanı olan gaz sızdırmaz kabinler içerisinde uygulanmıştır. 4. uygulamada kontrol meyveleri, diğer tüm uygulamalarda olduğu gibi 3 dakika süreyle saf suya daldırılmıştır. Tüm uygulamalar oda koşullarında (21 °C ve % 50-60 oransal nem) yapılmıştır. Yayıcı yapıştırıcı olarak % 0.1'lik Tween 20 kullanılmıştır. Daldırma işlemlerinden sonra meyveler 12 saat süre ile üzerlerindeki fazla suyu uzaklaştırmak için oda koşullarında bekletilmiştir. Uygulama yapılan meyveler 0 °C'de ve % 90±95 oransal nemde 6 ay boyunca muhafaza edilmiştir. Raf ömrü çalışmaları için her analiz döneminde ayrılan meyveler, 7 gün süreyle 20 °C sıcaklık ve % 60±5 oransal nem koşullarında bekletilmiştir. Soğukta depolama sonunda yapılan bütün analizler raf ömrü sonunda da tekrar edilmiştir.

Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Ağırlık kaybı (%): Meyvelerde ağırlık kaybı 0.01 g hassasiyetindeki Scaltec SBA51 model terazi ile ölçülmüştür. Denemenin başında her uygulama için ayrı ayrı olmak üzere 15'er adet meyve etiketlenmiş ve her analiz döneminde depodan çıkarılan aynı örnekler ölçülerek tekrar depolara konulmuştur. Ayrıca

raf ömrü analizlerinin başında ve sonunda da meyvelerin ağırlıkları alınarak raf ömrü boyunca meydana gelen değişimler kaydedilmiş ve sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı: Hasat dönemi (başlangıç) ve her analiz döneminde depodan çıkarılan meyveler katı meyve sıkacağı ile suyu çıkarıldıktan sonra dijital refraktometre (Atago Pocket PAL-1) ile SÇKM değerleri ölçülmüş ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

Titre edilebilir asit miktarı: Katı meyve sıkacağı kullanılarak elde edilen meyve sularından 10 mL alınmış ve 0.1 N'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile pH değeri 8.1 oluncaya kadar pH metre (WTW Inolab marka dijital pH metre) ve dijital büret kullanarak titre edilmiştir. Sonuçlar harcanan NaOH dikkate alınarak hesaplanmış ve g malik asit 100 mL⁻¹ olarak verilmiştir.

Meyve kabuk rengi: Deneme boyunca meyvelerin kabuğunda meydana gelen renk değişimleri CR 300 model Minolta marka renk cihazı kullanarak ölçülmüştür. Kroma (C*) ve hue açısı (h°) değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

Solunum hızı: Meyveler, 5 L hacmindeki tamamen gaz sızdırmaz plastik kavanozlara 700-750 gram aralığında tartılarak ağzı sıkıca kapatılmıştır. Meyveler oda koşullarında (20±1 °C) 1-1.5 saat bekletilmiş (Khan ve Singh, 2007) ve bu süre sonunda kavanozlardan gaz sızdırmaz plastik şırınga ile 15-20 mL hava alınarak doğrudan gaz kromatografisine enjekte edilmiştir. Solunum hızı elde edilen CO₂ üzerinden hesaplanarak mLCO₂kg⁻¹s⁻¹ olarak verilmiştir.

Patojen ve Fizyolojik kaynaklı bozulmalar: Depolama boyunca meyve örnekleri tek tek incelenerek fizyolojik kaynaklı bozulmalar gözlem yoluyla belirlenmiştir. Bütün uygulamalarda her analiz döneminde çürüyen meyve sayıları başlangıçtaki meyve sayısına oranlanarak % olarak hesaplanmıştır.

Duyusal değerlendirmeler: Değerlendirmeler flüoresan ışık altında ve kokusuz bir ortamda 5 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır (Erbaş ve Koyuncu, 2016). Dış görünüş için 1-9 (1-3 puan= pazarlanamaz; 5 puan= pazarlanabilir; 7 puan= iyi; 9 puan= çok iyi) skalası (Koyuncu ve ark., 2005), tat ve aroma için 1-5 (1 puan= çok kötü; 2 puan= kötü; 3 puan= orta; 4 puan= iyi; 5 puan= çok iyi) skalası (Koyuncu ve ark., 2005) kullanılmıştır.

İstatistik *analizler*: Deneme, ‘Faktöriyel Düzenle Tesadüf Parselleri Deneme Deseni’ ne göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 8 meyve olacak şekilde planlanmıştır. Denemeden elde edilen veriler (ağırlık kaybı ve renk haric) JMP7 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulup her analiz dönemi ve her depolama uygulamaları ortalamaları Tukey çoklu varyans testine ($P<0.05$) göre gruplandırılmıştır.

Ağırlık kaybı ve renk özellikleri bakımından elde edilen değerler ise faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile analiz edilmişlerdir. Denemede uygulama faktörünün 4 seviyesi, dönem faktörünün ise başlangıç 7 seviyesi mevcuttur. Alt gruptaki gözlem adedi sayısı (tekerrür) 3’tür. Tekrarlanan ölçümler dönem faktörünün seviyelerinde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı

Elmalarda soğukta depolama ve raf ömrü sürecinde farklı uygulamaların ve muhafaza süresinin ağırlık kaybı üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 1). Meyvelerde derim sonrası meydana gelen ağırlık kaybı, hem kalite hem de ekonomik kayba neden olmaktadır. Soğukta depolama süresince tüm uygulamalarda ağırlık kaybı zamana bağlı olarak düzenli olarak artmıştır. Ancak NPA+1-MCP uygulanan elmalarındaki ağırlık kaybı diğer uygulamalara kıyasla daha düşük bulunmuştur (% 4.52). NPA+1-MCP kombinasyonu kadar bariz olmasada NPA uygulanmış elmalarda ağırlık kaybı kontrole kıyasla kısmen düşük bulunmuştur. En fazla ağırlık kaybı kontrol meyvelerinde (% 5.61) tespit edilmiş, bunu sırasıyla oksin (% 5.48) ve NPA (% 5.24) takip etmiştir. NPA+1-MCP uygulamasının diğer uygulamalara göre ağırlık kaybını azaltması, 1-MCP ve NPA’nın etilen biyosentezi üzerinden solunum hızını baskılamasıyla açıklanabilir. Benzer şekilde Bulens ve ark. (2012) ve Karagiannis ve ark. (2018) elmalarda, 1-MCP’nin ürün metabolizmasını yavaşlatarak ağırlık kaybını azalttığını rapor etmişlerdir. Oksin inhibitörü olan NPA’nın elmalarda tek başına solunum hızını azalatabileceği beklenebilir. Nitekim çalışmamızda da NPA, oksin ve kontrol grubuna göre solunum hızını azaltmıştır (Çizelge 7). Dolayısıyla NPA uygulanmış elmalarda kontrole göre ağırlık kaybının kısmen düşük olması solunum hızı üzerine olan baskılayıcı etkisiyle açıklanabilir.

Soğukta muhafazada olduğu gibi raf ömrü süresince ağırlık kaybı artmıştır. Bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur. Ancak tüm uygulamalarda soğukta muhafazaya kıyasla rafta bekletilen elmalarda ağırlık kaybı daha fazla olmuştur (Çizelge 1). Bu gözle görülür artışın ortamdaki sıcaklığın artmasıyla beraber su kaybindaki artıştan kaynaklandığını söyleyebiliriz. Nitekim Serrano ve ark. (2003)

meyvelerde, yüksek sıcaklığa bağlı olarak oda koşullarında ağırlık kaybının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Uygulama dikkate alındığında, en fazla ağırlık kaybı kontrol grubunda (% 7.22) saptanırken, bunu sırasıyla oksin (% 7.12), NPA (% 6.99) ve NPA+1-MCP uygulaması (% 6.24) izlemiştir. NPA+1-MCP uygulamasının ağırlık kaybı üzerine olan olumlu etkisi soğukta muhafazada olduğu gibi solunum hızını (Çizelge 7) baskılamasıyla açıklanabilir.

Çizelge 1. Derim sonrası farklı uygulamaların ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

Table 1. The effect of different postharvest treatments on weight loss (%) during cold storage and shelf life in ‘Golden Delicious’ apple variety.

U	MS						U Ort.	
	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay	6 ay		
NPA+1-MCP	2.12±0.07	3.73±0.12	4.25±0.17	4.88±0.20	5.93±0.24	6.22±0.34	4.52c	
Oksin	2.41±0.07	3.94±0.21	5.08±0.14	5.97±0.16	7.17±0.19	8.33±0.19	5.48a	
NPA	2.29±0.09	3.86±0.16	4.96±0.20	5.75±0.18	6.86±0.20	7.70±0.18	5.24b	
Kontrol	2.72±0.29	3.96±0.32	5.15±0.32	5.93±0.31	7.52±0.34	8.35±0.37	5.61a	
MS Ort.	2.39e	3.87d	4.86c	5.63b	6.87a	7.65a		
Önemlilik dereceleri								
MS: **				U: *		MS × U: ÖD		
U	MS							U Ort.
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün	6 ay +7 gün	
NPA+1-MCP	2.34±0.17	4.48±1.23	6.18±0.14	6.71±0.19	7.21±0.21	8.32±0.25	8.40±0.34	6.24b
Oksin	2.26±0.06	5.09±0.12	6.53±0.23	7.53±0.16	8.45±0.15	9.34±0.25	10.67±0.20	7.12a
NPA	2.26±0.06	4.96±0.12	6.53±0.14	7.44±0.20	8.30±0.20	9.42±0.22	10.00±0.15	6.99b
Kontrol	2.11±0.07	5.30±0.30	6.40±0.32	7.44±0.31	8.62±0.35	9.98±0.36	10.66±0.39	7.22a
MS Ort.	2.24e	4.96d	6.41c	7.28b	8.14ab	9.26a	9.94a	
Önemlilik dereceleri								
MS: *				U: *		MS × U: ÖD		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropan, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: P<0.01. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05)

Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı

Çalışmada, SÇKM içeriği üzerine muhafaza süresi (MS) × uygulama (U) etkisinin etkisi istatistik olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur (Çizelge 2). Meyvelerin depolama sonundaki SÇKM içerikleri başlangıç değerlerine göre artış göstermiştir. Başlangıçta % 11.47 (NPA) ile % 12.20 (kontrol) arasında saptanan SÇKM değerleri, depolamanın 6. ayında % 13.23 (NPA) ile % 14.40 (kontrol) arasında değişmiştir. En fazla artış kontrol grubunda olmuştur. Nitekim Kaynaş

ve ark. (1992)'nin elmalarda depolama sonunda ölçülen SÇKM değerinin genelde başlangıç değerinden yüksek olduğunu belirten bulgusu araştırmamızı destekler niteliktedir. Meyve suyunda ölçülen SÇKM'nin büyük bölümünü şekerler oluşturmaktadır. Olgunlaşma ile beraber nişasta şekere dönüştüğü için şeker miktarının arttığı belirlenmiştir. Olgunlaşan meyveler ham meyvelere kıyasla daha yüksek SÇKM miktarına sahiptirler (Sing ve Khan, 2010). Çalışmamızda 1-MCP ve diğer uygulamaların SÇKM miktarı üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). 1-MCP uygulamasının etilen sentezini bloke ederek olgunlaşmayı geciktirirken soğukta depolama sırasında SÇKM içeriği üzerine etkisinin önemsiz çıkması, SÇKM içeriğinin su kaybı ve solunum hızı gibi faktörlere göre de değişiklik göstermesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde Rupasinghe ve ark. (2000) ve Larrigaudiere ve ark. (2008) 1-MCP'nin, elmalarda SÇKM üzerine önemli bir etkisinin olmadığını kaydetmişlerdir.

Elmalarda raf ömrü sürecinde SÇKM miktarı üzerine sadece muhafaza süresinin etkisi istatistik olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 2) Depolamanın başlangıcında ortalama % 12.28 olan SÇKM değeri, depolama sonunda % 12.83 değerine yükselmiştir. Bu artışın ortamdaki sıcaklığın artmasından kaynaklandığını belirtebiliriz. Ortamdaki sıcaklık arttıkça, su kaybı da artmaktadır. Keza Peano ve ark. (2010) ürünlerde meydana gelen ağırlık ya da su kaybının SÇKM miktarı üzerine etkili olduğunu, artan su kaybıyla birlikte SÇKM değerinin de arttığını bildirmiştir. Aynı şekilde Lavilla ve ark. (1999), farklı koşullarda depolanan 'Granny Smith' elma çeşidinde SÇKM içeriğinde artış belirlemişlerdir.

Çizelge 2. Derim sonrası farklı uygulamaların 'Golden Delicious' elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde SÇKM (%) miktarı üzerine etkisi

Table 2. The effect of different postharvest treatments on soluble solids content (%) during cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety.

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+ 1-MCP	11.80de±0.47	12.37b-d±0.32	13.40a-e±0.32	13.27a-e±0.52	14.83a±0.38	13.63a-e±0.19	13.37a-e±0.87	13.24 ^{ÖD}
Oksin	12.00c-e±0.21	13.77a-d±0.55	12.67a-e±0.12	13.43a-e±0.33	14.07a-e±0.41	13.63a-e±0.22	13.30a-e±0.55	13.27
NPA	11.47e±0.24	12.20b-e±0.00	13.47a-e±0.54	13.43a-e±0.20	13.23a-e±0.19	12.80a-e±0.06	13.23a-e±0.22	12.83
Kontrol	12.20b-e±0.06	13.20a-e±0.47	13.47a-e±0.32	14.77a±0.23	13.03a-e±0.48	12.33b-e±0.18	14.40ab±0.91	13.34
MS Ort.	11.87c	12.88b	13.25ab	13.73ab	13.79a	13.10ab	13.58ab	
Önemlilik dereceleri								
U	MS:**		U:ÖD			MS × U:**		U Ort.
	MS							
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün	6 ay+7 gün	U Ort.
NPA+1-MCP	11.73±0.58	12.73±0.61	13.53±0.07	12.80±0.74	13.23±0.67	12.57±0.55	13.70±1.00	12.90 ^{ÖD}
Oksin	12.20±0.17	13.33±1.22	14.20±0.79	13.57±0.42	13.60±0.26	12.80±0.46	11.93±0.07	13.09
NPA	12.03±0.09	13.53±0.47	14.03±0.17	12.30±0.58	13.87±0.86	13.07±0.64	12.23±0.37	13.01
Kontrol	13.13±0.80	13.23±0.34	14.13±0.29	12.20±0.21	14.33±0.43	13.67±0.20	13.43±0.17	13.45
MS Ort.	12.28c	13.21a-c	13.98a	12.72bc	13.76ab	13.03a-c	12.83a-c	
Önemlilik dereceleri								
	MS:**		U:ÖD			MS × U:ÖD		U Ort.

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropen, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: $P < 0.01$. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($P < 0.05$)

Titre Edilebilir Asit Miktarı

Çalışmada uygulamaların, muhafaza süresinin ve MS × U interaksiyonunun TEA (g 100 mL⁻¹) miktarı üzerine etkisi önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3). Soğukta depolama boyunca zamana bağlı olarak bütün uygulamalarda meyve TEA değerleri düzenli olarak azalmıştır. Ancak en az değişim NPA+1-MCP uygulamasında olmuştur. Bu grupta başlangıçta ortalama 0.59 g 100 mL⁻¹ olan asitlik değeri, depolamanın 6. ayında 0.41 g 100 mL⁻¹ olarak ölçülmüştür. Meyve asitliğini en iyi koruyan uygulama beklendiği gibi NPA+1-MCP kombinasyonu olmuştur. Çizelge 3'de görüldüğü gibi NPA+1-MCP (0.56 g 100 mL⁻¹) uygulaması istatistik olarak oksin, NPA ve kontrol uygulamalarından farklı bir grupta yer almıştır. Oksin (0.48 g 100 mL⁻¹), kontrol (0.46 g 100 mL⁻¹) ve NPA (0.45 g 100 mL⁻¹) uygulamalarından elde edilen TEA değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur. NPA+1-MCP uygulamasının meyve asitliği üzerine olumlu etkisi bu kombinasyonun meyve etilen sentezi üzerinden metabolizmayı baskılaması ve olgunlaşmayı yavaşlatması ile asitlik değerinin daha iyi korunması ile açıklanabilir. Nitekim önceki yıllarda 1-MCP uygulanarak yapılmış elma muhafaza çalışmalarında 1-MCP'nin kontrolle kıyasla bariz şekilde meyve TEA değerini koruduğu rapor edilmiştir (Johnson, 2003; Lafer, 2003).

TEA değerinde, soğukta muhafaza sırasında elde edilen eğilime benzer sonuçlar raf ömrü sürecinde de tespit edilmiştir. Soğukta muhafazada olduğu gibi oksin (0.26 g 100 mL⁻¹), NPA (0.22 g 100 mL⁻¹) ve kontrol (0.27 g 100 mL⁻¹) uygulamaları daha fazla asitlik değişimi gösterirken, NPA+1-MCP uygulanmış meyvelerde sadece 0.07 g 100 mL⁻¹lik bir azalış saptanmıştır (Çizelge 3). Depolama sonunda meyve asitlik değerinin soğukta muhafazaya göre kısmen daha düşük olması sıcaklığa bağlı olarak olgunlaşmanın ve metabolizmanın daha hızlı olması ve organik asitlerin daha fazla kullanılması ile açıklanabilir. Benzer şekilde Dünder ve ark. (2009) soğukta muhafazaya kıyasla, raf ömrü döneminde TEA miktarında daha fazla azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Derim sonrası farklı uygulamaların 'Golden Delicious' elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde TEA miktarı ($g\ 100\ mL^{-1}$) üzerine etkisi

Table 3. The effect of different postharvest treatments on titratable acidity ($g\ 100\ mL^{-1}$) during cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	0.59a-e±0.01	0.59a-e±0.02	0.54a-f±0.02	0.66a±0.01	0.48c-h±0.04	0.63ab±0.05	0.41f-h±0.03	0.56a
Oksin	0.61a-d±0.01	0.61a-d±0.04	0.49b-g±0.01	0.45e-h±0.02	0.38gh±0.02	0.47c-f±0.01	0.35gh±0.01	0.48b
NPA	0.62a-c±0.03	0.57a-e±0.01	0.47c-f±0.03	0.41f-h±0.04	0.37gh±0.04	0.34h±0.04	0.35gh±0.01	0.45b
Kontrol	0.58a-e±0.01	0.62a-c±0.05	0.47c-f±0.02	0.42f-h±0.01	0.36gh±0.03	0.41f-h±0.01	0.36gh±0.03	0.46b
MS Ort.	0.60a	0.60a	0.50b	0.49b	0.40c	0.46b	0.37c	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:**		MS × U:**				
U	MS						U Ort.	
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün		6 ay+7 gün
NPA+1-MCP	0.52a-d±0.03	0.55a-c±0.02	0.58ab±0.02	0.51a-e±0.03	0.50a-e±0.00	0.42d-h±0.01	0.45c-g±0.04	0.50a
Oksin	0.58ab±0.02	0.45c-g±0.05	0.47a-e±0.03	0.41d-±0.02	0.41d-±0.03	0.35f-±0.01	0.32h-±0.01	0.43b
NPA	0.51a-e±0.02	0.49a-e±0.01	0.43d-h±0.01	0.40d-±0.01	0.39e-±0.01	0.32h±0.01	0.29±0.00	0.40b
Kontrol	0.60a±0.04	0.50a-e±0.01	0.48a-e±0.02	0.42d-h±0.01	0.40d-±0.02	0.30±0.03	0.33g-±0.02	0.43b
MS Ort.	0.55a	0.50b	0.49b	0.44c	0.43c	0.35d	0.35d	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:**		MS × U:**				

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropen, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, Ort: Ortalamalar, **: $P<0.01$. Satırlardaki ve sütünlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($P<0.05$)

Meyve Kabuk Rengi

Elmalarda soğukta depolama sürecinde muhafaza süresinin meyve kabuk rengi L^* değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemsiz ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4). L^* değeri, rengin açıklığını ve koyuluğunu ifade etmektedir. L^* değeri 0 ile 100 arasında değişmekte olup, aldığı değer rakamsal olarak arttıkça rengin parlaklığının arttığını, değer azaldıkça parlaklığın azaldığını ifade etmektedir (Dilmaçunal ve ark., 2014). Depolamanın başlangıcında ortalama 68.40 olan L^* değeri, depolama sonunda 71.64'e yükselmiştir. Bahçe ürünlerinde depolama boyunca meyvelerin aldığı renge göre değişkenlik gösteren ve farklı faktörler etkisi altında olan L^* değeri, bu çalışmada muhafaza süresi uzadıkça artmıştır. Bunu elmaların yeşil olan zemin renginin olgunlaşma ile birlikte değişerek açık sarıya dönmesi ve kabuktaki kütikula tabakasının değişimiyle ilişkilendirebiliriz. Olgunlaşma ile ilişkili çoğu kalite özelliği üzerine etkili olan 1-MCP'nin L^* değeri üzerine etkisi saptanmamıştır. Benzer şekilde Jemric ve ark. (2012) Granny Smith elma çeşidinde, 1-MCP'nin L^* değerine etki etmediğini bildirmişlerdir.

Raf ömrü sürecinde muhafaza süresi ve uygulamaların meyve kabuk rengi L^* değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4). Başlangıçta ortalama L^* değeri 67.70 iken, depolama sonunda 73.22 değerine ulaşmıştır. Soğukta muhafazaya oranla L^* değerinde daha fazla bir artış olmuştur. Sıcaklığın artması ile birlikte meyvenin daha hızlı olgunlaşması, yeşil olan kabuk renginin daha hızlı bir şekilde parlak açık sarıya dönüşmesi L^* değerinin kısmen daha fazla yükselmesinin nedeni olabilir. Nitekim ortalama değerler incelendiğin-

de, NPA+1-MCP uygulaması 69.69'luk değerle en düşük L^* değerini vermiş ve diğer uygulamalardan farklı grupta yer almıştır. Bu durum NPA+1-MCP'nin olgunlaşmayı ve buna bağlı olarak kabuk rengi değişimini en fazla yavaşlatan uygulama olmasıyla açıklanabilir. En yüksek L^* değeri NPA (71.80) uygulamasında bulunurken, bunu sırasıyla kontrol (71.43) ve oksin (71.02) uygulamaları takip etmiştir.

Çizelge 4. Derim sonrası farklı uygulamaların 'Golden Delicious' elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde meyve kabuk rengi L^* değeri üzerine etkisi

Table 4. The effect of different postharvest treatments on L^* value of skin color during cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety.

U	MS							U Ort.
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay	6 ay	
NPA+1-MCP	68.44±0.15	67.79±0.11	69.33±0.46	70.23±0.58	70.81±0.61	71.63±0.63	72.03±0.46	70.04 ^{ab}
Oksin	68.60±0.83	67.99±0.37	70.21±0.47	69.07±1.06	71.19±0.56	71.88±0.26	69.68±2.90	69.80
NPA	68.76±0.96	67.97±0.68	70.04±0.12	70.72±0.76	71.86±0.70	72.53±0.85	72.48±0.41	70.62
Kontrol	67.81±0.17	67.94±0.81	70.28±0.58	70.96±0.56	71.65±0.52	72.26±0.54	72.37±0.56	70.47
MS Ort.	68.40 ^{ab}	67.92	69.97	70.25	71.38	72.07	71.64	
Önemlilik dereceleri								
MS: ÖD			U: ÖD			MS × U:ÖD		
U	MS							U Ort.
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün	6 ay +7 gün	
NPA+1-MCP	67.04±0.47	68.32±0.46	68.33±0.96	68.45±0.78	70.07±0.70	73.04±0.28	72.59±0.22	69.69 ^b
Oksin	67.99±0.04	70.01±0.36	69.87±0.69	71.52±0.23	72.14±0.29	72.65±0.66	72.97±0.40	71.02a
NPA	68.15±0.24	72.83±1.27	70.48±0.34	71.61±0.34	72.77±0.33	72.82±0.39	73.97±1.02	71.80a
Kontrol	67.62±0.57	72.03±0.47	70.76±0.32	71.71±0.84	71.94±0.40	72.58±0.19	73.36±0.23	71.43a
MS Ort.	67.70c	70.80c	69.86d	70.82c	71.73b	72.77b	73.22a	
Önemlilik dereceleri								
MS:*			U:*			MS × U:ÖD		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropan, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: $P<0.01$. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($P<0.05$)

C^* değeri, meyve renginin canlılığını veya donukluğunu ifade etmektedir. Depolamanın başlangıcında ortalama 46.49 olan C^* değeri, depolamanın 6. ayında 49.41'e yükselmiştir. C^* değerinin yüksek olması rengin daha canlı ve doygun olduğunu ifade eder. Çalışmada C^* değerinin bütün uygulamalarda yükselmesi meyvenin olgunlaşmayla birlikte sarı rengin daha doygun hale gelmesi ile açıklanabilir. Soğukta depolama boyunca sadece muhafaza süresinin C^* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Genellikle diğer kalite parametreleri üzerine etkili olan NPA+1-MCP kombinasyonu C^* değeri üzerine etkili olmamıştır. Nitekim, Fan ve ark. (2000) ve Jemric ve ark. (2012), 1-MCP'nin derim sonrası C^* değeri üzerinde etkili olmadığını bildirmişlerdir.

Raf ömrü boyunca muhafaza süresinin, uygulamaların ve MS × U etkisinin meyve kabuk rengi C^* değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 5). Soğukta muhafazaya benzer şekilde raf ömrü sürecinde de C^* değeri zamanla artmıştır. Başlangıçta ortalama 43.84 olan C^* değeri, depolamanın 6. ayında 49.42'ye ulaşmıştır. Bu durum olgunlaşmaya bağlı olarak sarı rengin yoğunluğunun artması ile açıklanabilir. Nitekim 'Golden Delicious' elmalarında depolama süresi uzadıkça yeşil rengin kaybolarak hakim sarı rengin oluşması

C* değerinin daha yüksek olmasına neden olmuştur. Nitekim Çalhan (2018), sarı renkli meyve olan ayvada da C* değerlerinin sürekli artış göstermesinde, muhafaza süresince sarı renk gelişiminin devam etmesi ve bu rengin yoğunluk ve canlılığının artmasının etkili olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 5. Derim sonrası farklı uygulamaların ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde meyve kabuk rengi C* değeri üzerine etkisi

Table 5. The effect of different postharvest treatments on C* value of skin color during cold storage and shelf life in ‘Golden Delicious’ apple variety.

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	46.81±0.28	48.49±0.19	45.55±0.37	48.24±0.77	49.06±0.61	50.06±0.75	50.90±0.19	48.44 ⁰⁰
Oksin	46.31±0.37	48.07±0.15	46.14±0.49	47.50±2.45	47.80±0.23	49.16±0.26	49.38±0.40	47.77
NPA	46.62±0.12	48.48±0.14	46.28±0.43	49.55±0.34	48.72±0.29	49.28±0.05	47.70±2.31	48.09
Kontrol	46.23±0.07	48.82±0.15	46.87±0.27	46.67±2.03	48.75±0.02	49.32±0.23	49.67±0.28	48.05
MS Ort.	46.49b	48.46a	46.21c	47.99b	48.58a	49.45a	49.41a	
Onemlilik dereceleri								
U	MS						U Ort.	
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün		6 ay+7 gün
NPA+1-MCP	43.30±0.29	45.51±0.30	46.26±0.58	47.78±0.80	49.67±0.50	53.14±0.53	48.19±1.02	47.69b
Oksin	43.63±0.59	46.90±0.55	47.39±0.48	43.24±0.23	49.98±0.40	50.07±0.76	49.00±2.06	47.17b
NPA	44.45±0.23	48.50±0.26	48.18±0.35	49.80±0.46	50.39±0.36	49.79±0.14	51.74±0.78	48.98a
Kontrol	43.98±0.28	48.44±0.59	48.21±0.13	49.68±0.68	49.85±0.29	50.29±0.32	48.78±1.72	48.46ab
MS Ort.	43.84c	47.34b	47.51b	47.62b	49.97a	50.82a	49.42a	
Onemlilik dereceleri								
MS:*			U:*			MS x U: ⁰⁰		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropen, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: P<0.01. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05)

Denemede muhafaza süresinin soğukta depolama sürecinde meyve kabuk rengi h° değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli (P<0.05) olmuştur (Çizelge 6). h° açısı değeri bir renk dairesi üzerinde gözle fark edilebilen renkleri göstermektedir. Bu dairede 0° ile 360° arasında, 0° den 90°'ye doğru gidildikçe kırmızıdan sarıya, 90°den 180°'ye doğru gidildikçe sarıdan yeşile, 180°den 270°'ye doğru gidildikçe yeşilden maviye ve 270°den 360°'ye doğru gidildikçe maviden kırmızıya doğru dönüşümü göstermektedir (McGuire, 1992). Depolama boyunca h° değerinde azalma gözlenmiştir. Başlangıçta ortalama 115.55 olan h° değeri, depolamanın 6. ayında 100.36 değerine düşmüştür. Bu değişimi meyvenin olgunlaşmasıyla birlikte renginin yeşilden sarıya dönmeye başlamasıyla açıklayabiliriz. Nitekim Tijksens ve ark. (2008), meyvelerde yeşil rengi veren klorofilin azalmasıyla sarı rengi oluşturan renk maddelerinin oluşmasıyla h° değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Uygulamaların etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmasına rağmen, depolama sonundaki veriler incelendiğinde NPA+1-MCP'nin yüksek değere sahip olduğunu söyleyebiliriz (102.42). Bunu sırasıyla kontrol (99.95), oksin (99.55) ve NPA (99.53) takip etmektedir. NPA+1-MCP kombinasyonun diğerlerine kıyasla daha yüksek değere sahip olması, 1-MCP'nin meyvenin olgunlaşmasını geciktirmesi ve böylece meyvenin renginin kısmen daha yeşil kalmasıyla açıklanabilir. Nitekim elmada (Fan ve ark.,1999) ve kayısıda (Fan ve ark., 2000) 1-MCP uygulanmış meyvelerin kabuk rengini daha iyi korunduğu rapor edilmiştir.

Muhafaza süresinin ve uygulamaların raf ömrü sürecinde meyve kabuk rengi h° değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Soğukta muhafazaya benzer şekilde depolama boyunca h° değerinde azalma meydana gelmiştir. Başlangıçta ortalama 116.08 olan h° değeri, depolama sonunda 101.95 olmuştur (Çizelge 6). Sıcaklığın artması ile birlikte etilen hızının artması ve meyvenin olgunlaşması renk değerinin yeşilden sarıya dönüşmesini sağlamıştır. Çünkü ortamdaki etilen varlığı renk pigmentlerinin sentezini hızlandırarak meyve tür ve çeşidine özgü rengin daha da koyulaşmasına neden olmaktadır. Literatürde de etilenin elmalarda olgunlaşmayı hızlandırarak renk oluşumunu tetiklediği bildirilmiştir (Stover ve ark., 2003). En yüksek h° değeri NPA+1-MCP (108.62) uygulamasında saptanırken, bunu sırası ile oksin (106.83), kontrol (106.11) ve NPA (97.53) takip etmiştir.

Çizelge 6. Derim sonrası farklı uygulamaların ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde meyve kabuk rengi h° değeri üzerine etkisi

Table 6. The effect of different postharvest treatments on h° value of skin color during cold storage and shelf life in ‘Golden Delicious’ apple variety.

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	115.26±0.55	113.11±0.39	110.73±0.23	107.40±0.35	105.84±0.26	103.77±0.52	102.42±0.43	108.36 ⁰⁰
Oksin	115.43±0.79	113.50±0.30	111.00±0.23	108.19±0.58	106.49±0.40	105.13±0.61	99.55±3.93	108.47
NPA	114.97±0.90	113.66±0.56	111.16±0.32	108.00±0.99	106.30±1.21	104.84±0.1.33	99.53±3.47	108.35
Kontrol	116.55±0.43	114.05±0.63	111.60±0.71	104.49±4.41	105.79±2.99	105.69±1.11	99.95±3.79	108.30
MSOrt.	115.55a	113.58b	111.12b	107.02c	106.10c	104.86c	100.36d	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:ÖD				MS x U:ÖD		
U	MS						U Ort.	
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün		6 ay +7 gün
NPA+1-MCP	116.65±0.24	113.25±0.44	110.53±0.73	107.26±0.17	106.42±1.07	101.88±0.36	104.33±1.94	108.62a
Oksin	116.18±0.30	110.92±0.42	109.07±0.23	101.47±4.23	104.84±0.09	102.47±0.44	102.89±0.18	106.83ab
NPA	115.85±0.21	109.07±0.54	48.18±0.35	101.82±4.61	104.94±0.20	103.27±1.33	99.58±1.10	97.53c
Kontrol	115.65±0.47	109.46±0.83	108.30±0.69	101.93±4.89	104.82±0.37	101.60±0.19	101.01±1.16	106.11b
MS Ort.	116.08a	110.67b	94.02d	103.12c	105.25c	102.30c	101.95c	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:*				MS x U: ⁰⁰		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropan, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: $P<0.01$. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($P<0.05$)

Solunum Hızı

Derim sonrası NPA, oksin ve NPA+1-MCP uygulanmış ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde meyvelerin solunum hızı ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) üzerine uygulamaların, muhafaza süresinin ve $\text{MS} \times \text{U}$ interaksyonunun etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 7). Solunum hızı iklimterik meyvelerde derim sonrası ömrün belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisidir (Bal, 2016). Soğukta depolama boyunca tüm uygulamalarda solunum hızı muhafaza süresinin uzaması ile birlikte artmıştır. Başlangıçta ortalama $1.15 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ olan solunum hızı, depolama sonunda $6.37 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ değerine ulaşmıştır. Solunum hızını diğer uygulamalara kıyasla en iyi baskılayan NPA+1-MCP (2.91

mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) olmuştur. Solunum hızı en yüksek oksin (5.18 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) uygulamasında belirlenmiş, bunu sırasıyla kontrol (3.72 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ve NPA (3.22 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) takip etmiştir. NPA+1-MCP kombinasyonun diğer uygulamalara göre solunum hızını azaltmakta daha etkili olması, NPA ve 1-MCP'nin etileni daha iyi baskılaması ile açıklanabilir. Ergun (2017) klimakterik ürünlerde, olgunlaşma sırasında artan etilen üretiminin solunum hızını da arttırdığını bildirmiştir. Nitekim Saftner ve ark. (2003) ve Güneşli ve ark. (2019) 1-MCP'nin elmalarda etilen sentezini baskılayarak, solunum hızını azalttığını bildirmişlerdir.

Soğukta muhafazaya benzer şekilde depolama boyunca olgunlaşmayla beraber solunum hızı artmıştır. Fakat raf ömrü sürecinde solunum hızı soğukta muhafaza-ya oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu artışın sıcaklığın artmasıyla beraber etilen sentezine bağlı artıştan kaynaklanabileceğini söyleyebiliriz. Keza Fonseca ve ark. (2002) sıcaklığı, solunumu etkileyen en önemli dışsal faktör olarak tanımlamışlar, dağıtım ve pazarlama zincirinde uygulanan sıcaklık derecelerinin her 10 °C'lik artışında metabolik reaksiyonların ve solunum hızının genellikle iki ya da üç kat arttığını bildirmişlerdir. Uygulama ortalamalarına bakıldığında, en fazla solunum hızında artış kontrol grubunda (10.20 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹ gözlenirken, bunu oksin (8.85 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹), NPA (6.87 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) ve NPA+1-MCP (2.68 mL CO₂ kg⁻¹s⁻¹) uygulaması takip etmiştir. NPA+1-MCP'nin solunum hızını azaltmasını soğukta muhafazada olduğu gibi 1-MCP'nin etilen sentezini baskılayarak solunum hızını da azaltması ile açıklayabiliriz.

Çizelge 7. Derim sonrası farklı uygulamaların 'Golden Delicious' elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde solunum hızı (mLCO₂ kg⁻¹ s⁻¹) üzerine etkisi

Table 7. The effect of different postharvest treatments on respiration rate (mLCO₂ kg⁻¹ s⁻¹) during cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety.

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	0.09h±0.00	4.05b-g±0.32	2.93fg±0.02	2.99e-g±0.25	2.52g±0.37	4.03b-g±0.77	3.74c-g±0.27	2.91c
Oksin	4.36b-f±0.34	4.77b-e±0.17	3.15e-g±0.25	3.03e-g±0.09	3.95b-g±0.14	4.62b-f±0.28	12.39a±1.13	5.18a
NPA	0.07h±0.01	5.07b-d±0.12	3.07e-g±0.12	3.00e-g±0.25	2.53g±0.28	4.50b-f±0.36	4.31b-g±0.09	3.22c
Kontrol	0.07h±0.02	5.67b±0.16	3.20e-g±0.05	3.30d-g±0.14	3.38d-g±0.14	5.35bc±0.16	5.05b-d±0.21	3.72b
MS Ort.	1.15d	4.89b	3.09c	3.08c	3.10c	4.63b	6.37a	
Önemlilik dereceleri								
	MS:**		U:**		MS x U:**			
U	MS							U Ort.
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün	6 ay+7 gün	
NPA+1-MCP	3.85i-l±0.48	2.83kl±0.30	3.34j-l±0.28	1.99kl±0.17	1.62l±0.20	2.55kl±0.59	2.61kl±0.20	2.68d
Oksin	5.07g-l±0.47	9.68a-g±2.46	6.14e-l±1.11	9.29b-h±0.04	9.24b-h±0.20	10.98a-d±0.49	11.51ab±0.22	8.85b
NPA	4.85h-l±0.86	4.79h-l±0.35	7.59b-j±0.12	8.12b-i±0.61	5.67f-l±2.09	6.44d-k±0.83	10.62a-e±0.73	6.87c
Kontrol	6.61c-k±0.45	10.09a-f±0.38	8.07b-i±0.17	9.56b-g±0.19	14.28a±1.58	11.54ab±0.48	11.24a-c±0.13	10.20a
MS Ort.	5.09c	6.85bc	6.29bc	7.24ab	7.70ab	7.88ab	9.00a	
Önemlilik dereceleri								
	MS:**		U:**		MS x U:**			

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropen, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, Ort: Ortalamalar, **: P<0.01. Satırlardaki ve sütünlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05)

Duyusal Değerlendirmeler

Soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde dış görünüş (1-9 skalası) puanları üzerine uygulamaların, muhafaza süresinin ve bunların interaksiyonunun etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 8). Meyvelerde dış görünüş tüketici açısından oldukça önemli bir kalite kriteridir. Elmalarda soğukta muhafaza sürecinin sonunda dış görünüş puanlarında başlangıca oranla bir azalma gözlenmiştir. Başlangıçta tam puan (9.00) alan elmalar, depolamanın 6. ayında panalistlerden ancak ortalama 4.66 puan alabilmiştir. Ancak depolamanın 6. ayında bile NPA+1-MCP (5.88 puan) ve sadece NPA (5.13 puan) uygulanan elmalar hala pazarlanabilir seviyede kalabilmişlerdir. Uygulamalar arasında da dış görünüşünü en iyi koruyan NPA+1-MCP (8.06 puan) kombinasyonu olmuştur. Bunu sırasıyla NPA (7.70 puan), oksin (7.05 puan) ve kontrol (6.80 puan) takip etmiştir. Kontrol meyveleri depolamanın 5. ayında bile ortalama 4.50 puan alarak pazarlanabilir puan sınırının (5 puan) biraz altında kalmıştır. NPA+1-MCP kombinasyonunun elmaların dış görünüşünü daha iyi koruması daha çok 1-MCP olmak üzere NPA'nın da olumlu etkisiyle açıklanabilir. Keza NPA uygulaması oksin ve kontrol grubuna göre etilen sentezi ve solunum hızını daha iyi baskılamıştır. Öte yandan 1-MCP'nin etilen biosentezini minimize ederek olgunlaşma ve dış görünüşü de etkileyen kalite kayıplarını sınırlandırdığı bilinmektedir. Nitekim Wei ve ark. (2010) ve Tomic ve ark. (2016), 1-MCP'nin meyve tazeliğini ve duyu özelliklerini korumakta daha iyi sonuçlar verdiği ifade etmişlerdir.

'Golden Delicious' elma çeşidinde raf ömrü sürecinde dış görünüş (1-9 skalası) puanları üzerine muhafaza süresi ve uygulamaların etkisi Çizelge 8'de sunulmuştur. Oda koşullarında bekletilen meyvelerde de başlangıca göre dış görünüş puanlarında bariz bir azalma görülmüştür. Hatta soğukta muhafazaya oranla raf ömrü sürecinde azalma daha fazla olmuştur. Soğukta muhafazada depolama sonunda ortalama 4.66 puan alan elmalar, raf ömrü süreci sonunda 3.72 puan almıştır. Bu düşüşün sebebini sıcaklığın artmasıyla birlikte etilen miktarının artması ve meyve olgunlaşmasının hızlanmasıyla açıklayabiliriz.

Çizelge 8. Derim sonrası farklı uygulamaların 'Golden Delicious' elma çeşidinde soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde dış görünüş üzerine etkisi

Table 8. The effect of different postharvest treatments on external appearance during cold storage and shelf life in 'Golden Delicious' apple variety

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	8.88ab±0.00	8.00a-c±0.14	6.63c-g±0.52	5.88e-h±0.63	8.06a
Oksin	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	7.63a-d±0.14	5.63f-h±0.25	5.25g-±0.38	3.88a±0.14	7.05b
NPA	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	8.38ab±0.25	7.25b-f±1.15	6.13d-h±0.14	5.13g-±0.14	7.70a
Kontrol	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	7.38a-c±0.29	5.00g-±0.14	4.50h±0.29	3.75i±0.25	6.80b
MS Ort.	9.00a	9.00a	9.00a	8.06b	6.47c	5.63d	4.66e	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:**				MS × U:**		

U	MS						U Ort.	
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün		6 ay+7 gün
NPA+1-MCP	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	7.88a-c±0.13	7.00cd±0.20	6.25d-g±0.25	4.88g-j±0.13	7.57a
Oksin	9.00a±0.00	9.00a±0.00	8.63ab±0.24	6.63c-e±0.63	5.50e-h±0.65	4.13b-k±0.31	3.50j±0.29	6.63c
NPA	9.00a±0.00	9.00a±0.00	9.00a±0.00	7.25b-d±0.48	6.38d-f±0.24	5.50e-h±0.35	3.63k±0.24	7.11b
Kontrol	9.00a±0.00	9.00a±0.00	8.50ab±0.00	6.00d-g±0.35	5.13f-±0.13	4.00i-k±0.20	2.88k±0.13	6.36c
MS Ort.	9.00a	9.00a	8.78a	6.94b	6.00c	4.97d	3.72e	
Önemlilik dereceleri								
MS:**		U:**				MS × U:**		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropen, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, Ort: Ortalamalar, **: $P<0.01$. Satırlardaki ve sütünlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir ($P<0.05$)

Tat ve Aroma

Elmalarda uygulamalar ve muhafaza süresinin soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde tat ve aroma üzerine etkisi istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 9). Deneme başlangıcında 5.00 tam puan ile değerlendirilen elmalar 6 aylık soğukta muhafazadan sonra ortalama 3.00 (orta) puanın altında kalarak 2.50 puan almıştır. Ancak NPA+1-MCP kombinasyonu meyvenin tadını korumakta diğer uygulamalara göre daha iyi bulunmuş (ortalama 4.23 puan) ve depolama sonunda bu uygulamanın meyveleri 3.00 (orta) puan alabilmiştir. En düşük ortalama puanı (3.91) oksin uygulaması yapılan meyveler alırken, bunu kontrol (4.04 puan) ve NPA (4.21 puan) takip etmiştir. NPA uygulaması tek başına NPA+1-MCP kombinasyonuna çok yakın puan almıştır. Ancak 1-MCP etkisiyle birlikte NPA+1-MCP meyvenin tadını en iyi koruyan uygulama olmuştur. Nitekim Rupasinghe ve ark. (2000) ve Both ve ark. (2018) 1-MCP'nin elmalarda olgunlaşmayı tetikleyen etilen üretimini baskılayarak şeker ve organik asitler üzerinden tadı korumakta olumlu etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Oda koşullarında depolama boyunca tüm uygulamalarda meyvelerin tat puanlarında azalma gözlenmiştir. Yine soğukta muhafazaya göre raf ömrü puanlarında daha fazla azalma olmuştur. Soğukta muhafazanın 6. ayında ortalama 2.50 olan puan, oda koşullarında 2.22 puana düşmüştür. Uygulama ortalamalarına bakıldığında, soğukta muhafazaya benzer şekilde NPA+1-MCP tat ve aromayı en iyi koruyan uygulama olmuştur. Bu uygulamayı sırasıyla NPA (4.13 puan), oksin (3.80 puan) ve kontrol (3.77 puan) grubu takip etmiştir. Tüm uygulamalarda meyvelerin aldığı puanların oda ko-

şullarında düşük olması, sıcaklığın artması ile birlikte etilen miktarının artması ve meyvenin olgunlaşmasına bağlı olarak meyve tadında azalma ile açıklanabilir.

Çizelge 9. Derim sonrası farklı uygulamaların ‘Golden Delicious’ elma çeşidinde soğukta muhafaza boyunca tat ve aroma puanları üzerine etkisi

Table 9. The effect of different postharvest treatments on taste and aroma during cold storage and shelf life in ‘Golden Delicious’ apple variety

U	MS						U Ort.	
	0 gün	1 ay	2 ay	3 ay	4 ay	5 ay		6 ay
NPA+1-MCP	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.63±0.25	3.88±0.14	3.13±0.14	3.00±0.14	4.23a
Oksin	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.13±0.14	3.50±0.29	2.63±0.25	2.13±0.14	3.91b
NPA	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.75±0.14	4.00±0.00	3.13±0.00	2.63±0.25	4.21a
Kontrol	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.38±0.29	3.75±0.14	2.88±0.14	2.25±0.29	4.04ab
MS Ort.	5.00a	5.00a	5.00a	4.47b	3.78c	2.94d	2.50e	
Önemlilik dereceleri								
MS:**			U:**			MS x U:ÖD		
U	MS						U Ort.	
	0 gün+7 gün	1 ay+7 gün	2 ay+7 gün	3 ay+7 gün	4 ay+7 gün	5 ay+7 gün		6 ay+7 gün
NPA+1-MCP	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.25±0.25	4.00±0.35	3.68±0.69	2.75±0.32	4.20a
Oksin	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	3.63±0.47	3.50±0.20	2.63±0.24	1.88±0.13	3.80b
NPA	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.63±0.24	3.63±0.47	3.13±0.13	2.50±0.29	4.13ab
Kontrol	5.00±0.00	5.00±0.00	4.88±0.13	4.00±0.00	3.25±0.43	2.50±0.29	1.75±0.25	3.77b
MS Ort.	5.00a	5.00a	4.97a	4.13b	3.59b	2.91c	2.22d	
Önemlilik dereceleri								
MS:**			U:**			MS x U:ÖD		

U: Uygulama, MS: Muhafaza süresi, 1-MCP: 1-Metilsiklopropan, NPA: 1-N-naftilfitalamik asit, ÖD: Önemli değil, Ort: Ortalamalar, **: P<0.01. Satırlardaki ve sütunlardaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05)

Patojen ve Fizyolojik Kaynaklı Bozulmalar

Denemenin 3. ayından itibaren NPA+1-MCP uygulanmış elmalarda çok az oranda Diffuse Skin Browning görülmüştür. Depolama boyunca bu fizyolojik bozukluk dış görünüş ve tat puanlarını etkilemeyecek ölçüde seyretmiştir. Hem soğukta depolama hemde raf ömrü sürecinde muhafaza boyunca hiçbir uygulamada çürük meyveye rastlanmamıştır.

SONUÇLAR

Soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde ağırlık kaybı ve TEA miktarını en iyi koruyan uygulama NPA+1-MCP olmuştur. En fazla ağırlık ve TEA kaybı kontrol meyvelerinde saptanmıştır. Soğukta depolama sırasında SÇKM miktarı ve meyve kabuk rengi üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Soğukta muhafaza döneminde en yüksek solunum hızı oksin uygulamasında saptanmıştır. Duyusal değerlendirmede soğukta muhafaza ve raf ömrü sürecinde hem dış görünüş hem de tat puanları bakımından en iyi sonucu NPA+1-MCP kombine uygulaması vermiştir. Muhafaza boyunca hiçbir uygulamada çürük meyveye rastlanmamıştır. Bütün bu verilere dayanarak, optimum dönemde deri olarak NPA+1-MCP uygulaması yapılan ‘Golden Delicious’ elma çeşidinin belirtilen koşullarda 6 ay süreyle soğukta depolanabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak 7 günlük raf ömrü süreci dikkate alındığında soğukta depolama süresinin 5 ay ile sınırlandırılması önerilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): DNT(%30), MAK(%70)

Veri Toplanması (Data Acquisition): DNT(%75), MAK(%25)

Veri Analizi (Data Analysis): DNT(%25), MAK(%75)

Makalenin Yazımı (Writing Up): DNT(%75), MAK(%25)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): DNT(%10), MAK(%90)

Teşekkür

120O285 No'lu proje ile tezimi destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbay, C., Candemir, S., Orhan, E. 2005. Türkiye'de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlaması. KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 96- 107.
- Anonymous., 1998. Minolta, Precise Color Communication, Color Control From Perception to Instrumentation. Minolta Co., Ltd., Radiometric Instruments Operations, Osaka, 59, Japan.
- Bal, E. 2016. Modifiye atmosfer paketleme ile potasyum permanganat uygulamalarının Jh Hale şeftali çeşidinin muhafazası üzerine etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 9-15.
- Barritt, B.H. 2000. Apple quality for consumers. The Compact Fruit Tree, 34(2), 54-56.
- Both, V., Brackmann, A., Thewes, F.R., Weber, A., Schultz, E.E., Ludwig, V. 2018. The Influence of Temperature and 1-MCP on Quality Attributes of 'Galaxy' Apples Stored in Controlled Atmosphere and Dynamic Controlled Atmosphere. Food Packaging and Shelf Life, 16, 168-177.
- Bulens, I., Van de Poel, B., Hertog, M.L.A.T.M., De Proft, M.P., Geeraerd, A.H., Nicolai, B.M. 2012. Influence of Harvest Time and 1-MCP Application on Postharvest Ripening and Ethylene Biosynthesis of 'Jonagold' Apple. Postharvest Biology and Technology, 72, 11-19.
- Çalhan, Ö. 2018. Eşme Ayva (*Cydonia oblonga* Mill.) Çeşidinin Derim Sonrası Fizyolojisi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dilmaçınal, T., Erbaş, D., Koyuncu, M.A., Onursal, C.E., Kuleaşan, H. 2014. Efficacy of some antimicrobial treatments compared to sodium hypochlorite on physical, physiological and microbial quality of fresh-cut melons (*Cucumis melo* L. var. Inodorus). LWT-Food Science and Technology, 59(2), 1146-1151
- Dündar, Ö., Uygun, I., Özkaya, O. 2009. Cold Storage of Granny Smith Apples that were Grown in Nigde-Türkiye Conditions. 10th International Controlled and Modified Atmosphere Symposium. Antalya. ISHS Acta Hort. 876, 355-359.
- Erbaş, D., Koyuncu, M.A. 2016. 1-metilsiklopropen uygulamasının Angeleno erik çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53(1), 43-50.
- Ergun, M. 2017. Bitkisel Hormonlar ve Büyüme Düzenleyiciler. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması. Somyad Yayınları. (pp. 85-111)

- Fan, X., Blankenship, S.M., Mattheis, J.P. 1999. 1-MCP inhibits apple ripening. *J. Am. Soc. Hort. Science*, 124, 690-695.
- Fan, X., Argenta, L., Mattheis, J.P. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-MCP prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biol. Tech.*, 20, 135-142.
- FAO, 2024. FAOSTAT database collections. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/> (Son erişim tarihi: 23.02.2024)
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A., Brecht, J.K. 2002. Modelling Respiration Rate of Fresh Fruits and Vegetables for Modified Atmosphere Packages: A Review. *Journal of Food Engineering*, 52(2), 99-119.
- Güneyli, A., Onursal, C. E., Seçmen, T., Üzümcü, S.S. 2019. Hasat sonrası 1-MCP uygulamalarının Starking Delicious elma çeşidinde depolama ve raf ömrü üzerine olan etkisi. *Meyve Bilimi*, 6(1), 15-28.
- Jemric, T., Fruk, G., Kortylewska, D., Aljinovic, S. 2012. Postharvest quality and sensory characteristics of 'Granny Smith' apple treated with SmartFresh™ (1-MCP). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 77(4), 211-215.
- Johnson, D.S. 2003. Improvement in the Storage Quality of Apples in the UK by the use of 1-MCP. *Proceedings of International Conference Postharvest Unlimited. Acta Hort.*, 59, 39-47.
- Karaçalı, İ. 2009. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama. Ege Üniversitesi Yayın No: 494, İzmir-Türkiye.
- Karagiannis, E., Michailidis, M., Tanou, G., Samiotaki, M., Karamanolis, K., Avramidou, E., Ganopoulos, I., Madesis, P., Molassiotis, A. 2018. Ethylene-Dependent and -Independent Superficial Scald Resistance Mechanisms in 'Granny Smith' apple Fruit. *Scientific Reports*, 8(1), 1-16.
- Kaynaş, K., Özelkök, S., Ertan, Ü., Büyükyılmaz, M. 1992. Bazı Elma ve Armut Çeşitlerinde Semprefresh Kullanımının Meyvelerin Derim Sonrası Özelliklerine Etkisi. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova, 28s.
- Khan, A. S., Singh, Z. 2007. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharvest Biology and Technology*, 43(3), 298-306.
- Koyuncu, M.A., Savran, E., Dilmaçunal, T., Kepenek, K., Cangı, R., Çağatay, Ö. 2005. Bazı trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.
- Lafer, G. 2003. Effects of 1-MCP treatments on fruit quality and storability of different apple varieties. *Proceedings of International Conference Postharvest Unlimited. Acta Hort.*, 59, 65-69.
- Larrigaudiere, C., Vilaplana, R., Soria, Y., Recasens, I. 2008. Comparative study of the effects of 1-MCP treatment on apple quality by instrumental and multivariate analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1614-1621.
- Lavilla, T., Puy, J., López, M.L., Recasens, I., Vendrell, M. 1999. Relationships Between Volatile Production, Fruit Quality, and Sensory Evaluation in Granny Smith Apples Stored in Different Controlled Atmosphere Treatments by Means of Multivariate Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3791-3803.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Palavan-Ünsal, N. 1993. Bitki Büyüme Maddeleri. İÜ. Basımevi ve Film Merkezi, 357 s. İstanbul.
- Peano, C., Girgenti, V., Sottile, F., Giuggioli, N.R. 2010. Improvement of Plum Storage with Modified Atmosphere Packaging. *Acta Horticulturae*, 876, 183-188.
- Peker, K., Çelik, Y. 2005. "Toplum tarım desteği" modeli ve Türkiye'de organik tarım üretiminde uygulanabilirliği. *Üçüncü Sektör Kooperatifçilik*, (149), 3-11.
- Rupasinghe, H.P.V., Murr, D.P., Paliyath, G., Skog, L. 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(3), 271-276.
- Saftner, R.A., Abbott J.A., Conway W.S., Barden C.L. 2003. Effects of 1-Methylcyclopropene and Heat Treatments on Ripening and Postharvest Decay Development in 'Golden Delicious' Apples. *J. Amer. Soc. for Hort. Science*, 128(1), 120-127.
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valero, D. 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271.
- Singh, Z., Khan, A.S. 2010. Physiology of plum fruit ripening. *Stewart Postharvest Review*, 2, 3.
- Sisler, E.C., Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level; recent developments. *Physiol. Plant.*, 100, 577-582.
- Stover, E., Fargione, M.J., Watkins, C.B., Lungerman, K.A. 2003. Harvest management of Marshall 'McIntosh' apples: Effects of AVG, NAA, ethephon, and summer pruning on preharvest drop and fruit quality. *HortScience*, 38(6), 1093-1099.
- Sussman, M.R., Goldsmith, M.H.M. 1981. The action of specific inhibitors of auxin transport on uptake of auxin and binding of N-1-naphthylphthalamic acid to a membrane site in maize coleoptiles. *Planta*, 152(1), 13-18.
- Tijksens, L.M.M., Konopacki, P.J., Schouten, R.E., Hribar, J., Simcic, M. 2008. Biological variance in the colour of Granny Smith apples modelling the effect of senescence and chilling injury. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 153-163.

- Tomic, N., Radivojevic, D., Milivojevic, J., Djekic, I., Smiric, N. 2016. Effects of 1- methylcyclopropene and diphenylamine on changes in sensory properties of 'Granny Smith' apples during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 233-240.
- TÜİK. 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> (Son erişim tarihi: 23.02.2024)
- Türk, R., Tuna Güneş, N., Erkan, M., Koyuncu M.A. 2017. Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazara hazırlanması. Somtad yayınları ders kitabı, No: 1, 542 s.
- Wei, J., Ma, F., Shi, S., Qi, X., Zhu, X., Yuan, J. 2010. Changes and Postharvest Regulation of Activity and Gene Expression of Enzymes Related to Cell Wall Degradation in Ripening Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 56(2), 147-154.



Van Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Elma Ağaçları İçin Teorik Bitki Su Tüketimine Dayalı Sulama Programının Oluşturulması

Irrigation Scheduling Based on Theoretical Crop
Water Consumption for Apple Trees Irrigated with
Drip Irrigation Method in Van Conditions

Selçuk USTA¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü, Van
· susta@yyu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-8970-7333

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 04 Şubat/February 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 01 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 311-332

Atıf/Cite as: Usta, S. "Van Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Elma Ağaçları İçin Teorik Bitki Su Tüketimine Dayalı Sulama Programının Oluşturulması" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 311-332.

VAN KOŞULLARINDA DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN ELMA AĞAÇLARI İÇİN TEORİK BİTKİ SU TÜKETİMİNE DAYALI SULAMA PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

ÖZ

Bu çalışmada, damla sulama yöntemi ile sulanacağı öngörülen elma ağaçlarının teorik su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenerek, sulama programlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma, uzun yıllar ortalama günlük iklim verileri (2012 – 2020) ile 2021 ve 2022 yılı güncel günlük iklim verileri kullanılarak yürütülmüştür. Öncelikle Penman & Monteith (PM) eşitliği FAO-56 modifikasyonu kullanılarak elma ağaçlarının büyüme mevsimi (20 Nisan – 30 Ekim) boyunca günlük ortalama referans bitki su tüketimi (ET_0) değerleri tahmin edilmiştir. Daha sonra elma ağaçlarının başlangıç (0.52), orta (1.00) ve son dönem (0.74) bitki katsayıları (k_c) ile 190 gün süreli büyüme mevsiminin başlangıç, gelişme, orta ve son dönem uzunlukları dikkate alınarak AutoCAD programı aracılığıyla günlük k_c katsayısı grafiği çizilmiştir. Günlük ortalama ET_0 değerleri bu grafikten okunan k_c katsayıları ile düzeltilerek, günlük ortalama bitki su tüketimi (ET_c) değerleri elde edilmiştir. Bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak, etkili kök derinliği bölgesindeki toprak nemi düzeyinde meydana gelen günlük değişimler belirlenmiştir. Bu bölgedeki kullanılabilir suyun %40'ı elma ağaçları tarafından tüketildiğinde sulama yapılacağı ve mevcut toprak nemini tarla kapasitesine yükseltecek miktardaki sulama suyunun elma ağaçlarına verileceği öngörülmüştür. Elma ağaçlarının ortalama 15 gün süreli her bir sulama aralığındaki ortalama su tüketimi 72.91 mm olarak belirlenmiştir. Her bir sulamada uygulanması gereken ortalama sulama suyu miktarı ise 65.50 mm olarak elde edilmiştir. Son sulamaya kadar ortalama 679.28 mm düzeyine yükselen mevsimlik toplam su tüketiminin sulamada damla sulama yöntemi kullanılması durumunda %14.70 oranında azalarak 579.43 mm düzeyine gerilediği görülmüştür. Bu bitki su tüketimine karşılık olarak uygulanması gereken mevsimlik toplam sulama suyu miktarı ise 523.70 mm olarak belirlenmiştir. Birincisi Haziran ayı ortasında ve sonuncusu ise Eylül ayı sonunda olmak üzere ortalama 8 adet sulama yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Teorik bitki su tüketimine dayalı olarak elde edilen bu sonuçların, Van ili koşullarında elma ağaçları için yapılacak damla sulama uygulamalarında aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Su Tüketimi, Damla Sulama, Elma, Sulama Aralığı ve Programı.



IRRIGATION SCHEDULING BASED ON THEORETICAL CROP WATER CONSUMPTION FOR APPLE TREES IRRIGATED WITH DRIP IRRIGATION METHOD IN VAN CONDITIONS

ABSTRACT

This study aims to prepare irrigation schedules by determining the theoretical crop water consumption and irrigation water requirements of apple trees that are envisaged to be irrigated by the drip irrigation method. The study was conducted using long-term average daily climate data (2012 – 2020) and current daily climate data for 2021 and 2022. First of all, daily average reference crop water consumption (ET_0) values were estimated during the growing season of apple trees (April 20 – October 30) using the FAO-56 modification of the Penman & Monteith (PM) equation. Then, the daily crop coefficient (k_c) graph was drawn via the AutoCAD program by considering the initial (0.52), middle (1.00) and last (0.74) periods k_c coefficients of apple trees, and the lengths of the initial, development, middle and last periods of the 190-days growing season. Daily average ET_0 values were corrected using the k_c coefficients read from this graph and daily average crop water consumption (ET_c) values were obtained. Using the one-dimensional water balance equation, daily changes in the soil moisture level in the effective root depth zone were determined. It is envisaged that irrigation will be done when 40% of the available water in this zone is consumed by apple trees, and the amount of irrigation water that will increase the level of current soil moisture to field capacity will be given to the apple trees. The average crop water consumption of apple trees in each irrigation interval with an average duration of 15 days was determined as 72.91 mm. The amount of average irrigation water to be applied in each irrigation was obtained as 65.50 mm. It was observed that the seasonal total water consumption, which reached an average of 679.28 mm until the last irrigation, decreased by 14.70% to 579.43 mm when the drip irrigation method was used in irrigation. The total amount of seasonal irrigation water that should be applied in response to this crop water consumption was determined as 523.70 mm. It was concluded that an average of 8 irrigations should be made, the first one in mid-June and the last one at the end of September. It is thought that these results obtained based on theoretical crop water consumption will be informative in drip irrigation applications for apple trees in Van province conditions.

Keywords: Crop Water Consumption, Drip Irrigation, Apple, Irrigation Interval and Schedule.



1. GİRİŞ

Dünyada geniş bir coğrafyada yetiştiriciliği yapılan elmanın (*Malus domestica* L.) gen merkezleri arasında Türkiye’de bulunmaktadır. Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yayları arasındaki geçit bölgeleri ve son yıllarda Göller bölgesi elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır (Anonim, 2001). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2020 yılı verilerine göre, Dünyadaki toplam elma üretimi 4.60 milyon hektar alanda 86.64 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin %46.74’ünü Çin, %5.37’sini Amerika Birleşik Devletleri karşılamıştır. Türkiye ise yaklaşık 172 bin hektar alandan gerçekleştirilen 4.30 milyon ton üretim ile üçüncü sırada yer almıştır (FAO, 2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 yılı verilerine göre, Türkiye’de en fazla elma üretimi 931 bin ton ile Isparta ilinde gerçekleştirilmiştir. Antalya ve Niğde illeri sırasıyla 611 bin ton ve 503 bin ton üretim ile ikinci ve üçüncü sırada yer almışlardır. Aynı yılın verilerine göre, Van ili 26 bin dekar alandan gerçekleştirilen yaklaşık 51 bin ton üretim ile on üçüncü sırada yer alırken, toplam üretimin %1.42’sini karşılamıştır (TÜİK, 2022).

Dünya elma üretiminde 2020 yılı verilerine göre ortalama verim 16.60 t ha^{-1} düzeyindedir. Türkiye, hektar başına 25.00 ton üretim ile Dünya ortalamasının oldukça üzerinde olmasına rağmen, dış ticarete rekabet halinde olduğu İsviçre (59.11 t ha^{-1}), Belçika (45.70 t ha^{-1}), Fransa (32.00 t ha^{-1}), İtalya (44.80 t ha^{-1}) ve Amerika Birleşik Devletleri (38.00 t ha^{-1}) gibi ülkelerin gerisinde kalmıştır (FAO, 2022). Tarımsal üretim faaliyetlerinin tamamında olduğu gibi elma yetiştiriciliğinde de ürün verim ve kalitesinin artırılabilmesi; sulama, gübreleme, bitki hastalık ve zararlıları ile mücadele gibi tarımsal işlemlerin tekniğine uygun olarak yapılmasına ve en önemlisi de kaliteli fidan kullanımına bağlıdır. Belirtilen bu işlemler içerisinde tek başına meyve verim ve kalitesini artırabilen en önemli faktör sulamadır (Öztürk ve ark., 2018).

Büyük bir bölümü kurak – yarı kurak iklim kuşağında yer alan Türkiye, bilinenin aksine su kıtlığı yaşayan bir ülkedir. Tarım %70 oranla su tüketiminin en fazla olduğu sektördür. Bu oranın neredeyse tamamı sulamada kullanılmaktadır (Çakmak ve ark., 2008). Tarım sektöründe su kaynaklarının en etkin kullanımı, gerçek zamanlı bitki su tüketimine duyarlı hassas sulama programları hazırlanarak, basınçlı sulama yöntemleri ile bitkinin suya ihtiyacı olduğu zamanlarda sulama yapılması ve her sulamada bitkiye ihtiyacı kadar su verilmesi ile sağlanabilmektedir (Jensen ve Allen, 2016). Ancak Türkiye’de sulama yapılan tarım arazilerinde basınçlı sulama yöntemlerinin kullanım oranı %38 ile çok düşük düzeydedir. Basınçlı sulama yöntemi olarak %21 oranında yağmurlama, %17 oranında damla sulama kullanılmaktadır. Salma, tava ve karık sulama gibi yüzey sulama yöntemlerinin kullanım oranı ise %62 düzeyindedir (Anonim, 2021). Yüzey sulama yöntemlerinin bilinçsiz

kullanımı sonucunda su kaynakları aşırı ve gereksiz bir şekilde tüketilerek israf edilmektedir. Aşırı sulamaya bağlı olarak toprak erozyonu, taban suyu yükselmesi, tuzlanma ve çoraklaşma gibi toprak kaybına neden olan çevresel sorunların yanında kök boğazı çürüğü ve kloroz gibi bazı bitki hastalıkları ile sürgün kuruması ve meyve tutma oranının azalması gibi verim ve kalite kaybına neden olan sorunlar oluşabilmektedir (Horuz ve ark., 2016). Bu nedenlerden dolayı ekonomik değeri yüksek elma gibi bitkilerin sulanmasında basınçlı sulama yöntemleri kullanımının teşvik edilerek, yaygınlaştırılması ve bu yöntemlerle birlikte kullanabilecek yöre iklim, bitki ve toprak özellikleri ile uyumlu kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir sulama programlarının hazırlanarak, üreticilere sunulması gerekmektedir.

Sulama programları basınçlı sulama yöntemleri ile birlikte kullanılarak, su kullanım etkinliğinin yanında ürün verim ve kalitesinin de artırılabilirdiği ve yüksek oranlarda su tasarrufu sağlanabildiği yapılan birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur. Köksal ve ark. (2000), Ankara koşullarında damla ve ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemleri ile sulanan elma ağaçlarının yüzey sulamaya göre sırasıyla %23.00 ve %13.00 oranlarında daha az su tükettiklerini belirlemişlerdir. Benzer şekilde Orta ve ark. (2000), Tekirdağ koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçlarının su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacının yüzey sulamaya göre sırasıyla %72.50 ve %62.70 oranında daha az olduğunu bildirmişlerdir. Thadchayini ve Thiruchelvam (2005), Srilanka koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan muz ağaçlarından elde edilen verimin yüzey sulama yöntemlerine göre %31.00 oranında daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Salas ve ark. (2006) yüzey sulama yöntemlerinde %60.00 düzeyinde olan su uygulama randımanının, damla sulamada %90.00 düzeyine çıkabildiğini belirtmişlerdir. Nalbantoğlu (2014), Aydın ilinde yüzey sulamadan damla sulamaya geçilen arazilerde %30.00'a varan oranlarda verim artışı, yabancı ot oluşumu ve sulama işçiliğinde ise sırasıyla %60.00 ve %80.00 oranlarında azalma sağlandığını ortaya koymuştur.

Sulama programlarının hazırlanmasında dikkate alınması gereken en önemli parametre bitki etkili kök derinliği bölgesindeki toprak nemi içeriğidir (Çetin, 2003). Sulama zamanını ve uygulanacak sulama suyu miktarını belirleyen bu parametrenin ölçülmesinde kullanılan yöntemler genel olarak doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Toprak neminin doğrudan ölçülmesi gravimetrik esasa dayanmaktadır. Toprağın bazı fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılan; elektriksel direnç (alçı-jips blokları), nötron saçılımı (nötronmetre), elektromanyetik yansıma frekansının ölçülmesi (TDR ve FDR sensörler) ve toprak su potansiyelinin ölçülmesi (tansiyometre) yöntemi dolaylı yöntemleri oluşturmaktadır. Bu yöntemlerin en önemli avantajı toprak nemi içeriğinin anlık olarak belirlenebilmesidir. Ayrıca işçilik ve zamandan yüksek oranlarda tasarruf edilmesini sağlamaktadırlar (Yetik ve Aşık, 2021). Sulama programlarının hazırlanmasında dikkate alınması gereken bir diğer önemli parametre de bitki etkili kök derinliği bölgesindeki kullanılabilir suyun bitki tara-

findan tüketilmesine izin verilen kısmıdır (R_y). R_y sulama yöntemi ve bitkinin nem eksikliğine olan duyarlılığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Güngör ve Erözel (2004); yüzey sulamada %50 – 60, yağmurlama sulamada %50, damla sulamada ise %30 – 40 arasında değişen R_y değerlerinin kullanılması önermektedirler. Panda ve ark. (2004), kullanılabilir suyun %45'inden fazlasının bitki tarafından tüketilmesine izin verilmesinin verim ve su kullanım randımanı açısından uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Çeşitli elma ağaçlarının farklı sulama yöntemleri koşulları altındaki bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenerek, toprak nemi içeriğine duyarlı sulama programlarının hazırlanması amacıyla çok sayıda çalışma yapılmıştır (Güngör ve Kanburoğlu, 1978; Günbatılı ve Demirören, 1980; Kıvanç, 1991; Köksal ve ark., 2000; Orta ve ark., 2000; Çay ve ark., 2009; Daşcı ve ark., 2016; Karamürsel ve ark., 2017; Küçükyumuk ve ark., 2020). Toprak nemi içeriğinin ölçülmesinde çoğunlukla dolaylı ölçme yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmalarda yüzey sulama, damla sulama ve ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan çeşitli elma ağaçlarının etkili kök derinliğindeki kullanılabilir suyun bitki tarafından tüketilmesine izin verilen kısmı ($R_y = 0.30 - 0.60$) bitki tarafından tüketildiğinde, toprak nemini tarla kapasitesine yükseltecek miktarlarda sulama suyu uygulanmıştır. Elma ağacı çeşidi, sulama yöntemi ve sulama mevsimi uzunluğu ile yöre iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak 259.60 – 920.00 mm arasında değişen mevsimlik toplam su tüketimi ve 286.00 – 547.00 mm arasında değerler alan mevsimlik toplam sulama suyu miktarları elde edilmiştir.

Toprak nemi içeriğinin ölçülmesinde kullanılan gravimetrik yöntemde bitkinin yetişme dönemi boyunca farklı zaman aralıklarında çok fazla sayıda toprak örneklerinin alınması toprak profilinde tahribata yol açarak, büyük boyutlu gözlemlerin oluşmasına ve dolayısıyla nem rejiminin değişmesine neden olabilmektedir. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı da nem içeriğinin anlık olarak ölçülemezdir. Toprak nemi, laboratuvarında toprak örnekleri üzerinde yapılan en az bir gün süreli testler sonucunda belirlenebilmektedir. Gravimetrik yöntemin en önemli dezavantajı ise yüksek düzeyde işçilik ve zaman kullanımı gerektirmesidir (Kırnak ve ark., 2022). Dolaylı toprak nemi içeriği ölçme yöntemlerinde kullanılan tansiyometre ve nötronmetre gibi cihazların insan sağlığına tehdit oluşturabilecek unsurlar barındırması, maliyetlerinin yüksek olması, ekonomik kullanım ömürlerinin sınırlı olması ve en önemlisi de kullanılacakları her koşul için kalibrasyona ihtiyaç duymaları kullanımlarını kısıtlamaktadır (Yetik ve Aşık, 2021). Ayrıca, bitki etkili kök derinliği bölgesindeki toprak nemi içeriğinin çok kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi ve yapılan ölçümlerin tüm toprak profilini temsil etmemesi gibi sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, toprak nemi içeriğindeki değişime dayalı bitki su tüketimi yerine iklim parametrelerine dayalı olarak çeşitli ampirik yöntemlerle tahmin edilen bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin kullanılması uygulamada daha çok tercih edilmektedir (Karaca ve ark., 2017).

ET_c tahminlerinde referans çim bitkisi için belirlenen ET_o değerlerinin k_c katsayıları ile düzeltilmesi yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda ET_o , egemen iklimsel koşullarda yetişen ve yeterli düzeyde sulanan, toprağı tamamen gölgeleyen ve 70 s m^{-1} yüzey direncine sahip olan 12 cm yüksekliğindeki çim bitkisinden yansımanın 0.23 olduğu şartlarda gerçekleşen maksimum bitki su tüketimini ifade etmektedir. k_c ise bitkinin fizyolojisini, örtü derecesini ve yetiştirildiği yöreyi yansıtan bir katsayıdır (Aydiñşakir ve ark., 2003). Günümüzde ET_o tahminlerinde en çok tercih edilen ampirik yöntemlerin başında Penman & Monteith (PM) gelmektedir. Temelleri 1948 yılında atılan bu yöntem, FAO tarafından 1998 yılında referans çim bitkisine uyarlanmış ve 56 sayılı Sulama – Drenaj yayını ile PM eşitliği FAO-56 modifikasyonu adı altında kullanıma sunulmuştur (Allen ve ark., 1998). Bu yöntem ile gerçeğe en yakın ET_o değerleri tahmin edilebildiği birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Jacobs ve ark., 2004; Trajković ve Gocić, 2010).

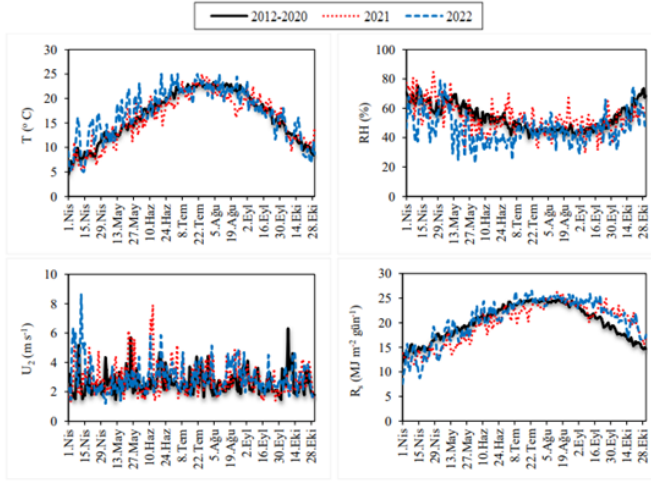
Diğer meyve ağaçlarında olduğu gibi elma ağaçlarının da bitki su tüketimi, sulama suyu ihtiyacı ve sulama aralığı iklim ve toprak özelliklerine, sulamada kullanılan yönteme ve elma çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle yetiştirilecekleri yöre koşulları ile uyumlu sulama programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye elma üretimine olan katkısı her geçen gün daha da artan Van ilinin iklim ve çevre özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada, damla sulama yöntemi ile sulanacağı öngörülen elma ağaçlarının teorik bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenerek, sulama programlarının hazırlanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat – Van Bölümü'ndeki Van Gölü kapalı havzası içerisinde yer alan Van ili, coğrafi konum olarak $37^{\circ} 43' - 39^{\circ} 26'$ kuzey enlemleri ile $42^{\circ} 40' - 44^{\circ} 30'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin rakımı 1726 m olup, yıllık ortalama günlük hava sıcaklığı 9.50°C ve nem oranı %58.67 düzeyindedir. Yıllık ortalama 7.90 saat gün^{-1} güneşlenme süresi ve $15.32 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ solar radyasyon yoğunluğu ile Türkiye'nin en fazla güneş alan illeri arasındadır. Yıllık toplam 392.70 mm düzeyindeki yağış miktarı ile yarı kurak – kurak iklim kuşağında yer alan Van ili genelinde karasal iklim egemen olup, ilin Van Gölü kıyısındaki bölümlerinde yarı kurak – nemli arası iklim özellikleri görülmektedir. Günlük ortalama hava sıcaklığının $24.00 - 28.50^{\circ} \text{C}$ aralığında değiştiği Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yağış iyice azalmaktadır. Günlük bitki su tüketiminin yağıştan daha yüksek düzeylerde gerçekleştiği bu aylarda aylık toplam 5.80 – 18.40 mm arasında değişen yağış, bitki su tüketimini karşılamada yetersiz kalmakta ve bitkilerin kuraklıktan zarar görmemesi için sulama yapılması zorunlu hale gelmektedir (DMİ, 2023).

Van ili koşullarında yetiştirileceği öngörülen elma ağaçlarının büyüme mevsimi uzunluğu olarak 20 Nisan ile 30 Ekim tarihleri arasındaki 190 günlük süre dik-

kate alınmıştır (TAGEM, 2022). Elmanın günlük bitki su tüketiminin belirlenerek, sulama programının hazırlanabilmesi amacıyla günlük ortalama hava sıcaklığı (T), oransal nem (RH), rüzgâr hızı (U_2) ve solar radyasyon (R_s) verilerinin 2012 – 2020 yılları arasında ölçülen dokuz yıllık ortalama değerleri ile 2021 ve 2022 yıllarında ölçülen güncel değerleri kullanılmıştır (Şekil 1). Sulama suyu miktarının belirlenmesinde ihtiyaç duyulan günlük yağış (P) miktarlarının değişim aralığı, yağışlı geçen gün sayısı ve aylık toplam yağış miktarları Çizelge 1’de verilmiştir (DMİ, 2023).



Şekil 1. Günlük ortalama hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı ve solar radyasyon verileri

Figure 1. Daily average air temperature, relative humidity, wind velocity and solar radiation data

Çizelge 1. Günlük ve aylık toplam yağış miktarları

Table 1. Daily and monthly total precipitation amounts

Aylar	Yağışlı Gün Sayısı			Günlük Yağış Değişim Aralığı (mm)			Aylık Toplam Yağış (mm)		
	2012 – 2020	2021	2022	2012 – 2020	2021	2022	2012 – 2020	2021	2022
Nisan	10	5	6	1.30-1.60	0.25-1.02	0.25-1.02	31.80	2.53	3.31
Mayıs	9	8	13	2.00-5.00	0.25-12.95	0.51-14.73	38.90	22.10	58.67
Haziran	5	1	4	2.00-2.50	0.25	0.51-3.81	12.00	0.25	6.35
Temmuz	4	3	0	1.00-1.50	0.25-4.06	0	6.00	4.56	0
Ağustos	4	3	0	1.00-1.50	0.25-1.02	0	5.00	1.52	0
Eylül	3	2	0	1.50-7.00	0.51-8.38	0	13.00	9.09	0
Ekim	8	6	5	4.00-6.50	0.28-24.38	0.25-24.64	43.00	57.94	39.62

Öncelikle FAO-56 PM eşitliği kullanılarak, günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilmiştir (Eşitlik 1). Bu eşitliğin bileşenlerinin hesaplanmasında FAO tarafından hazırlanan 56 sayılı Sulama ve Drenaj yayınından faydalanılmıştır. Daha sonra günlük ortalama ET_o değerleri k_c katsayıları ile düzeltilerek, elma ağaçlarının günlük ortalama bitki su tüketimi değerleri belirlenmiştir (Eşitlik 2) (Allen ve ark., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408 A(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

$$ET_c = ET_o \cdot k_c \quad (2)$$

Eşitliklerde; ET_o , referans bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); Δ , buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n , net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); G , topraktaki ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); γ , psikometrik sabite ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); e_s , doymun buhar basıncı (kPa); e_a , gerçek buhar basıncı (kPa); U_2 , zeminden 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m s^{-1}); T , ortalama hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$); ET_c , bitki su tüketimi (mm gün^{-1}) ve k_c , bitki katsayısını ifade etmektedir.

FAO-56 PM eşitliği ile tahmin edilen günlük ortalama ET_o ve ET_c değerleri, güvenilir bir referans olarak “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinde Van ili için verilen aynı değerlerle karşılaştırılmıştır (TAGEM, 2022). On günlük dönemler için yapılan bu karşılaştırmada, ortalama mutlak göreceli hata oranı (MAPE) istatistiksel yaklaşımından faydalanılmıştır (Eşitlik 3). FAO-56 PM ile tahmin edilen ET_o ve ET_c değerlerinin doğruluk düzeyleri; $\text{MAPE} < \%10$ ise “çok iyi”, $\%10 \leq \text{MAPE} < \%20$ ise “iyi”, $\%20 \leq \text{MAPE} < \%50$ ise “kabul edilebilir”, $\text{MAPE} \geq \%50$ ise “uyumsuz” olarak değerlendirilmiştir (Maiseli, 2019).

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|X_i - Y_i|}{X_i} 100 \right) \quad (3)$$

Eşitlikte; MAPE, ortalama mutlak göreceli hata oranı (%); X_i , “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinde Van ili için verilen on günlük ortalama ET_o ve ET_c değerleri (mm gün^{-1}); Y_i , FAO-56 PM eşitliği kullanılarak Van ili için tahmin edilen on günlük ortalama ET_o değerleri ile elma ağaçları için tahmin edilen on günlük ortalama ET_c değerleri (mm gün^{-1}) ve n , gözlem sayısını (190 gün) ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında elma ağaçlarının damla sulama yöntemiyle sulanacağı öngörülmüştür. ET_c tahmin eşitlikleri çoğunlukla bitki kök bölgesindeki toprak yüzey alanının tamamının ıslatıldığı yüzey sulama yöntemleri için geliştirilmiştir. Damla sulamada ise toprak yüzey alanının belirli bir kesimi ıslatılmaktadır. Belirli bir kesimi ise kuru kalmaktadır. Böylece toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaş-

ma (evaporasyon) ve dolayısıyla ET_c yüzey sulama yöntemlerine göre daha düşük olmaktadır (Goldberg ve ark., 1976). Bununla birlikte meyve ağaçlarının taç yapısından kaynaklanan gölgelenme faktörü buharlaşmayı azaltmaktadır. Dolayısıyla, ET_c olarak sadece bitki yaprak yüzeylerinden gerçekleşen terleme (transpirasyon) kayıpları dikkate alınabilmektedir (Klocke ve ark., 1990). Bu doğrultuda Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) kullanılarak elma için tahmin edilen günlük ET_c değerleri, Eşitlik (4) ile düzeltilerek damla sulama koşullarındaki günlük bitki su tüketimi (T^*) değerleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda gölgelenen alan yüzdesi (P_g), %72.50 olarak alınmıştır (Yıldırım, 2008).

$$T^* = \frac{ET_c \cdot P_g}{85} \quad (4)$$

Bitki katsayısı (k_c) bitki büyüme mevsiminin başlangıç, orta ve son dönemlerinde değişkenlik göstermektedir. Bu doğrultuda “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinden elmanın başlangıç, orta ve son dönem katsayıları olarak sırasıyla 0.52 ($k_{c_başlangıç}$), 1.00 (k_{c_orta}) ve 0.74 (k_{c_son}) değerleri alınmıştır (TAGEM, 2022). Aynı rehberden başlangıç, gelişme, orta ve son dönem uzunlukları sırasıyla 20 gün, 60 gün, 80 gün ve 30 gün olarak alınıp, AutoCAD programı aracılığı ile ölçekli bir şekilde k_c katsayısı grafiği çizilmiştir (Allen ve ark., 1998; Güngör ve Erözel, 2004). Bu grafikten okunan günlük katsayıların on günlük ortalamaları kullanılarak, günlük ortalama ET_c ve T^* değerleri belirlenmiştir

Toprak nemine duyarlı sulama programının hazırlanmasında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı toprak özellikleri dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda elma ağaçlarının etkili kök derinliği (90 cm) göz önünde bulundurularak (Tan, 1990), Ziraat Fakültesi uygulama bahçesinde kazılan 90 cm derinliğindeki toprak profilinin 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Munsuz (1985) ve Yıldırım (2008) tarafından önerilen yöntemler kullanılarak her bir katmanın tane dağılımı, bünye sınıfı, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı toprağının bazı fiziksel özellikleri

Table 2. Some physical properties of the soil of Van Yüzüncü Yıl University campus area

Derinlik (cm)	Tane Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
	Kum	Silt	Kil				
0-30	47.40	26.30	26.30	SCL	30.60	18.50	1.35
30-60	46.70	25.40	27.90	SCL	31.70	18.12	1.42
60-90	48.00	25.80	26.20	SCL	31.20	18.00	1.30

Çalışma kapsamında bitki etkili kök derinliği bölgesindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde sulama yapılacağı öngörülmüştür. Bu doğrultuda Eşitlik (5-8) kullanılarak sulamaya başlanacak toprak nemi düzeyi belirlenmiştir. Hesaplamalar, Çizelge 2'de fiziksel özellikleri verilen 30 cm yüksekliğindeki üç katman için ayrı ayrı yapılarak, elde edilen sonuçlar toplanmıştır (Güngör ve Erözel, 2004).

$$d_{TK} = \frac{P_{wTK} \cdot \gamma_t \cdot D}{100} \quad (5)$$

$$d_{SN} = \frac{P_{wSN} \cdot \gamma_t \cdot D}{100} \quad (6)$$

$$d_k = d_{TK} - d_{SN} \quad (7)$$

$$SBND = d_{TK} - (d_k \cdot R_y) \quad (8)$$

Eşitliklerde; P_{wTK} , ağırlık yüzdesi cinsinden tarla kapasitesi (%); P_{wSN} , ağırlık yüzdesi cinsinden solma noktası (%); d_{TK} , derinlik cinsinden tarla kapasitesi (mm); d_{SN} , derinlik cinsinden solma noktası (mm); γ_t , toprağın hacim ağırlığı ($g\ cm^{-3}$); D , ıslatılacak toprak derinliği (mm); d_k , kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm); R_y , kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen oranı (%) ve SBND, sulamaya başlanacak kritik toprak nemi düzeyini (mm) ifade etmektedir.

Bir günlük süreler için bir boyutlu su dengesi eşitliği yazılarak (Eşitlik 9), elmanın büyüme mevsimi uzunluğu boyunca etkili kök derinliği bölgesindeki toprak nemi düzeyinde meydana gelen günlük değişimler belirlenmiştir (Young ve ark., 1996). Günlük düzeyde yapılan bu hesaplamalarda Microsoft Office Excel programından faydalanılmıştır. Sulama programının hazırlanmasına toprak nemi düzeyinin tarla kapasitesinde olduğu kabul edilerek başlanılmıştır. Toprak nemi düzeyi SBND altına düştüğünde, bu nem düzeyini tekrardan tarla kapasitesine yükseltecek miktarda sulama suyu uygulanacağı öngörülmüştür. Hesaplamalarda iki sulama arasındaki süre bir sulama aralığı olarak kabul edilmiştir.

$$W_{ilk} + I + P + C_p - D_p - T^* - R_f = W_{son} \quad (9)$$

Eşitlikte; W_{ilk} ve W_{son} , sırasıyla bir günlük sürenin başındaki ve sonundaki toprak nemi düzeyleri (mm); I , bir günlük sürede uygulanması gereken sulama suyu miktarı (mm); P , bir günlük sürede gerçekleşen yağış miktarı (mm); C_p , bir günlük sürede kapiller yükselme ile etkili kök derinliği bölgesine giren su miktarı (mm); D_p , bir günlük sürede etkili kök bölgesinin altına sızan su miktarı (mm); T^* , elma ağaçlarının damla sulama koşullarındaki günlük bitki su tüketimi (mm) ve R_f bir günlük sürede gerçekleşen yüzey akış miktarıdır (mm).

Van ili koşullarında 2.20 – 13.40 m aralığında değişen yeraltı suyu seviyesi (YASS), il merkezinin güneyi ve Van Gölü kıyı şeridinde yaklaşıldıkça yüzeye yaklaşıırken, il merkezi ve yakın civarlarında daha derinlerde bulunmaktadır (Yaman, 2013). YASS, sulama programının hazırlandığı Nisan – Ekim dönemi boyunca etkili kök derinliğinin (90 cm) çok altında olduğundan C_p ihmal edilmiştir. Damla sulamada yüzey sulama yöntemlerine göre daha kontrollü sulama yapılarak R_f ve D_p kayıpları en aza indirilebilmekte ve %95'e ulaşan sulama randımanı sağlanabilmektedir (Westarp ve ark. 2003). Ayrıca toprağın infiltrasyon hızından daha düşük debiye sahip damlatıcılar kullanılarak, suyun toprak yüzeyinde birikerek göllenmesi ve yüzey akışa geçmesi önlenmektedir. Bu nedenle R_f ve D_p kayıpları ihmal edilmiştir (Al Ali ve ark., 2018).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

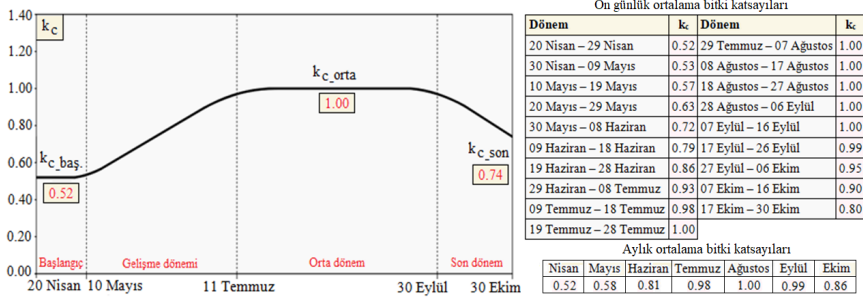
İki yıl tekerrürlü olarak yürütölen çalışmada, öncelikle toprak nemi sabitlerinin derinlik cinsinden değerleri belirlenerek Çizelge 3'de verilmiştir. Daha sonra k_c katsayısı grafiği çizilmiş ve bu grafikten okunan günlük katsayılarının on günlük ve aylık ortalama değerleri hesaplanarak Şekil 2'de verilmiştir. Elmanın günlük ortalama ET_c ve T^* miktarlarının belirlenmesinde on günlük ortalama k_c katsayıları kullanılmıştır.

Çizelge 3. Toprak nemi sabitlerinin etkili kök derinliği bölgesi boyunca değişimi

Table 3. Change of soil moisture constants along effective root zone depth

Derinlik (cm)	γ_t (g cm ⁻³)	d_{TK} (mm)	d_{SN} (mm)	d_k (mm)	$d_k.R_y$ (mm)	SBND (mm)
0-30	1.35	123.93	74.93	49.00	19.60	104.33
30-60	1.42	135.04	77.19	57.85	23.14	111.90
60-90	1.30	121.68	70.20	51.48	20.59	101.09
0-90	-	380.65	222.32	158.33	63.33	317.32

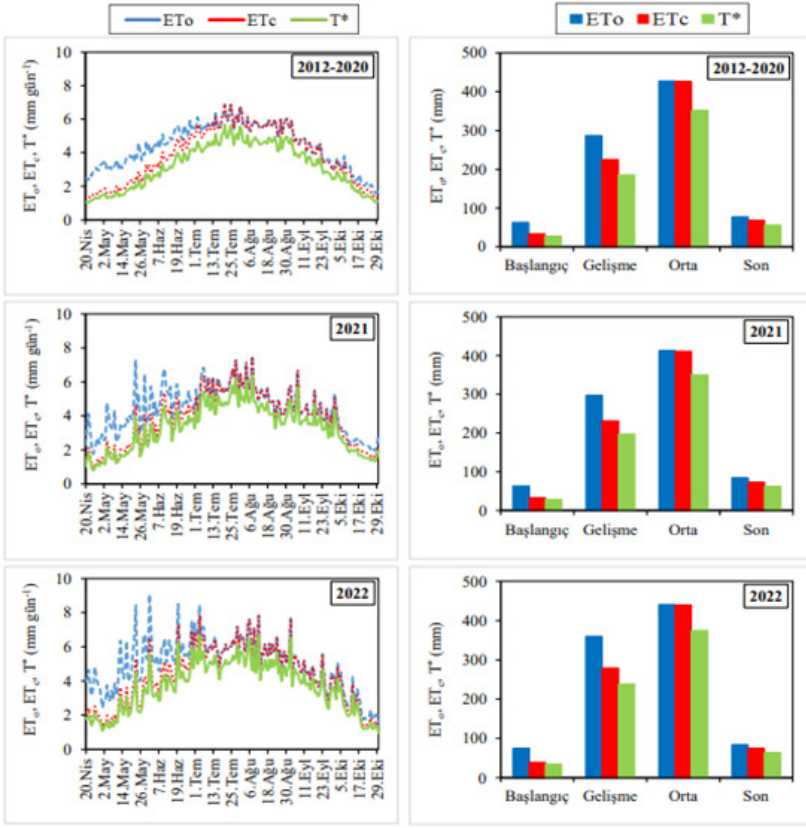
Orta ve ark. (2020) Tekirdağ koşullarında elma ağaçlarının Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayı ortalama k_c katsayılarını sırasıyla 0.88, 0.93, 0.93, 0.88 ve 0.85 olarak belirlemişlerdir. Köksal ve ark. (2000) ise Ankara koşullarında radyasyon FAO yöntemini kullanarak aynı aylar için sırasıyla 0.72, 0.80, 0.87, 0.97 ve 0.95 katsayılarını elde etmişlerdir. Benzer şekilde Doorenbos ve Pruitt (1977) aynı aylar için sırasıyla 0.55, 0.80, 0.95, 0.95 ve 0.90 katsayılarını önermişlerdir. Bu çalışmalar kapsamında belirlenen aylık ortalama katsayılar ile Van ili koşullarında aynı aylar için elde edilen katsayılar genel olarak benzerlik göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Van koşullarında yetiştirilen elma ağaçlarının bitki katsayısı grafiği

Figure 2. Crop coefficient graph of apple trees grown in Van conditions

Uzun yıllar ortalama günlük iklim verileri (2012 – 2020) ile 2021 ve 2022 yılı güncel günlük iklim verileri kullanılarak belirlenen ET_o , ET_c ve T^* değerlerinin günlük ortalamaları ile elmanın gelişme dönemlerinde gerçekleşen toplam bitki su tüketimi değerleri Şekil 3'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalama iklim verileri kullanılarak belirlenen günlük ortalama ET_o değerleri 1.59 mm gün^{-1} ile 6.90 mm gün^{-1} arasında değişmiştir. Dönemlik ortalama değer ise 4.41 mm gün^{-1} olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde güncel 2021 ve 2022 yılı iklim verileri ile tahmin edilen günlük ET_o değerleri ise sırasıyla $1.76 - 7.52 \text{ mm gün}^{-1}$ ve $1.38 - 9.08 \text{ mm gün}^{-1}$ arasında değişmiştir. Dönemlik ortalama değerler sırasıyla 4.41 mm gün^{-1} ve 4.94 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir. Uzun yıllar ortalama iklim verileri kullanılarak sırasıyla $1.24 - 6.90 \text{ mm gün}^{-1}$ ve $1.02 - 5.69 \text{ mm gün}^{-1}$ arasında değişen günlük ortalama ET_c ve T^* değerleri elde edilmiştir. Dönemlik ortalama değerler ise sırasıyla 3.88 mm gün^{-1} ve 3.20 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde 2021 yılı günlük ortalama ET_c ve T^* değerleri sırasıyla $0.92 - 7.52 \text{ mm gün}^{-1}$ ve $0.78 - 6.41 \text{ mm gün}^{-1}$ arasında değer almıştır. Dönemlik ortalama değerleri ise sırasıyla 3.86 mm gün^{-1} ve 3.29 mm gün^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Aynı değerler, 2022 yılı için sırasıyla $1.10 - 7.84 \text{ mm gün}^{-1}$ ve $0.94 - 6.69 \text{ mm gün}^{-1}$ arasında değişmiştir. Dönemlik ortalama değerler ise sırasıyla 4.28 mm gün^{-1} ve 3.66 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Günlük ortalama bitki su tüketimi ve gelişme dönemlerindeki toplam bitki su tüketimi değerleri

Figure 3. Daily average crop water consumption and total crop water consumption values of growth periods

Tomurcuklarının açması ile başlayarak yaprakların belirginleşmesi ile son bulan başlangıç dönemi için damla sulama koşullarında hesaplanan toplam bitki su tüketimi (ΣT^*), 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 27.49 mm, 2021 ve 2022 yılları için ise sırasıyla 28.29 mm ve 33.15 mm olarak belirlenmiştir. En düşük su tüketiminin gerçekleştiği bu dönem için günlük ortalama T^* sırasıyla 1.38 mm gün⁻¹, 1.35 mm gün⁻¹ ve 1.58 mm gün⁻¹ olarak elde edilmiştir. Yaprakların hızla gelişmeye başladığı gelişme döneminde ΣT^* artarak 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 185.51 mm, 2021 yılı için 197.45 mm ve 2022 yılı için 238.18 mm düzeyine yükselmiştir. Günlük ortalama T^* ise sırasıyla 3.09 mm gün⁻¹, 3.19 mm gün⁻¹ ve 3.84 mm gün⁻¹ olarak belirlenmiştir. Elma ağaçların çiçeklenerek meye

vermeye başladıkları orta dönemde ΣT^* artarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. Bu dönemde 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 350.69 mm, 2021 yılı için 350.18 mm ve 2022 yılı için 374.43 mm ΣT^* değerleri elde edilmiştir. Günlük ortalama T^* ise sırasıyla 4.38 mm gün⁻¹, 4.32 mm gün⁻¹ ve 4.62 mm gün⁻¹ olarak belirlenmiştir. Hasadın yapıldığı son dönemde ΣT^* azalarak 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 56.09 mm, 2021 yılı için 62.20 mm ve 2022 yılı için 63.22 mm düzeyine gerilemiştir. Günlük ortalama T^* değerleri ise sırasıyla 1.87 mm gün⁻¹, 2.07 mm gün⁻¹ ve 2.11 mm gün⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

Sulama programlarının hazırlanmasında kullanılan günlük ortalama ET_0 ve ET_c değerlerinin doğruluk düzeylerini test etmek amacıyla, bu değerlerin on günlük dönemler için ortalamaları belirlenmiş ve “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinde Van ili için verilen aynı değerlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4). Her bir ayın on günlük üç dönemi (I, II, III) için belirlenen ET_0 değerlerinin, rehberde verilen ET_0 değerlerinden olan sapmalarının bir ifadesi olarak MAPE; 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için %9.61, 2021 yılı için %10.70, 2022 yılı için %14.05 ve ortalama %11.45 olarak belirlenmiştir. On günlük ortalama ET_c değerleri için elde edilen MAPE değerleri ise sırasıyla %8.35, %9.09, %16.42 ve ortalama %11.29 olarak belirlenmiştir. FAO-56 PM eşitliği ile tahmin edilen ET_0 değerleri ile bu değerlerin k_c katsayılarıyla düzeltilmesi sonucunda elde edilen ET_c değerlerinin iyi düzeyde (MAPE < %20) doğruluğa sahip olduğunu görülmüştür.

Günlük ortalama ET_0 , ET_c ve T^* değerlerinin aylık ortalamaları Çizelge 5’de verilmiştir. Temmuz ayında en yüksek düzeye ulaşan aylık ortalama ET_0 değeri, Nisan ve Ekim aylarında azalarak en düşük düzeylere gerilemiştir. Temmuz ayı ortalama ET_0 değeri 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 5.87 mm gün⁻¹, 2021 ve 2022 yılları için ise sırasıyla 5.77 mm gün⁻¹ ve 6.26 mm gün⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük aylık ortalama ET_0 değerleri 2012 – 2020 yılları arasında ve 2021 yılında sırasıyla 2.59 mm gün⁻¹ ve 2.65 mm gün⁻¹ değerleri ile Nisan ayında, 2022 yılında ise 2.80 mm gün⁻¹ değeri ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Benzer şekilde en yüksek aylık ortalama ET_c ve T^* değerleri 2012 – 2020 yılları arasında 5.74 mm gün⁻¹ ve 4.90 mm gün⁻¹, 2021 yılında 5.63 mm gün⁻¹ ve 4.81 mm gün⁻¹, 2022 yılında 6.09 mm gün⁻¹ ve 5.20 mm gün⁻¹ değerleri ile Temmuz ayında elde edilmiştir. En düşük aylık ortalama ET_c ve T^* değerleri ise 2012 – 2020 yılları arasında 1.46 mm gün⁻¹ ve 1.25 mm gün⁻¹, 2021 yılında 1.38 mm gün⁻¹ ve 1.18 mm gün⁻¹, 2022 yılında 2.02 mm gün⁻¹ ve 1.72 mm gün⁻¹ değerleri ile Nisan ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. On günlük ortalama bitki su tüketimi değerleri**Table 4.** Ten-day average crop water consumption values

Aylar	Dönem	ET _o (mm gün ⁻¹)				ET _c (mm gün ⁻¹)			
		TAGEM	2012-2020	2021	2022	TAGEM	2012-2020	2021	2022
Nisan	III	34.00	30.82	29.12	42.59	14.00	16.06	15.17	22.18
	I	37.00	32.39	33.76	31.23	19.00	17.30	17.99	16.69
Mayıs	II	41.00	34.40	34.45	47.47	22.00	19.83	19.87	27.32
	III	51.00	43.88	50.42	61.37	32.00	28.44	32.42	39.62
Haziran	I	53.00	44.63	49.21	58.33	37.00	32.81	36.27	42.84
	II	54.00	49.37	53.73	60.02	42.00	39.78	43.26	48.46
	III	57.00	53.16	47.67	59.56	49.00	46.49	41.67	52.16
Temmuz	I	59.00	55.75	56.26	66.88	55.00	52.41	52.91	62.78
	II	60.00	57.82	55.48	58.40	59.00	56.91	54.59	57.46
	III	65.00	68.49	67.14	68.63	64.00	68.49	67.14	68.64
Ağustos	I	57.00	57.60	60.98	63.61	56.00	57.60	60.98	63.61
	II	55.00	56.56	52.03	58.44	54.00	56.56	52.03	58.44
	III	55.00	61.80	49.08	61.68	55.00	61.80	49.08	61.68
Eylül	I	46.00	50.48	49.52	52.28	46.00	50.48	49.52	52.28
	II	39.00	43.57	43.67	43.91	39.00	43.41	43.50	43.75
	III	34.00	36.63	39.76	40.19	34.00	35.72	38.76	39.17
Ekim	I	27.00	32.77	35.96	37.01	26.00	30.48	33.57	34.58
	II	22.00	25.64	25.09	28.43	20.00	22.12	21.60	24.63
	III	19.00	19.34	22.19	18.63	15.00	15.47	17.75	14.90

Çizelge 5. Aylık ortalama günlük bitki su tüketimi değerleri (mm gün⁻¹)**Table 5.** Monthly average daily crop water consumption values (mm day⁻¹)

Aylar	2012 – 2020			2021			2022		
	ET _o	ET _c	T'	ET _o	ET _c	T'	ET _o	ET _c	T'
Nisan	2.80	1.46	1.25	2.65	1.38	1.18	3.87	2.02	1.72
Mayıs	3.57	2.12	1.81	3.83	2.27	1.93	4.52	2.70	2.30
Haziran	4.91	3.97	3.39	5.02	4.04	3.45	5.93	4.78	4.08
Temmuz	5.87	5.74	4.90	5.77	5.63	4.81	6.26	6.09	5.20
Ağustos	5.68	5.68	4.85	5.23	5.23	4.46	5.93	5.93	5.06
Eylül	4.36	4.32	3.69	4.43	4.39	3.75	4.55	4.51	3.84
Ekim	2.59	2.27	1.94	2.77	2.43	2.07	2.80	2.47	2.11
Ortalama	4.41	3.88	3.31	4.41	3.86	3.29	4.94	4.28	3.66

Aylık ortalama bitki su tüketimi değerlerinde olduğu gibi, en yüksek ve en düşük aylık toplam bitki su tüketimi değerleri sırasıyla Temmuz ve Nisan aylarında elde edilmiştir (Çizelge 6). Elma ağaçlarının hasada kadar mevsimlik toplam bitki su tüketimi 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 752.15 mm, 2021 ve 2022 yılları için ise sırasıyla 748.09 mm ve 831.14 mm olarak belirlenmiştir. Sulamada damla sulama yöntemi kullanılması durumunda, mevsimlik toplam bitki su tüketiminin %14.70 oranında azalarak sırasıyla 641.58 mm, 638.12 mm ve 708.96 mm düzeylerine gerilediği görülmüştür.

Çizelge 6. Aylık toplam bitki su tüketimi değerleri (mm ay⁻¹)

Table 6. Monthly total crop water consumption values (mm month⁻¹)

Aylar	2012 – 2020			2021			2022		
	ET _o	ET _c	T'	ET _o	ET _c	T'	ET _o	ET _c	T'
Nisan	30.82	16.06	13.70	29.12	15.17	12.94	42.59	22.18	18.92
Mayıs	110.67	65.57	55.93	118.64	70.28	59.95	140.07	83.62	71.33
Haziran	147.16	119.08	101.58	150.62	121.20	103.39	177.90	143.45	122.37
Temmuz	182.06	177.81	151.67	178.89	174.65	148.97	193.91	188.87	161.10
Ağustos	175.96	175.96	150.09	162.09	162.09	138.26	183.72	183.72	156.71
Eylül	130.68	129.61	110.56	132.95	131.79	112.42	136.38	135.19	115.32
Ekim	77.74	68.07	58.06	83.23	72.92	62.20	84.071	74.11	63.22
Toplam	855.09	752.15	641.58	855.53	748.09	638.12	958.64	831.14	708.96

Damla sulama yöntemi ile sulanacağı öngörülen elma ağaçları için uzun yıllar ortalama günlük iklim verileri (2012 – 2020) ile 2021 ve 2022 yılı güncel günlük iklim verileri kullanılarak hazırlanan sulama programları sırasıyla Çizelge 7, Çizelge 8 ve Çizelge 9'da verilmiştir. Programların hazırlanmaya başlanıldığı 20 Nisan tarihinde etkili kök derinliği bölgesindeki mevcut toprak nemi düzeyi tarla kapasitesi (380.65 mm) olarak kabul edilmiştir. Büyüme mevsimi boyunca bir günlük süreler için bir boyutlu su dengesi eşitliği yazılarak, nem düzeyindeki değişimler belirlenmiştir. Nem düzeyi SBND (317.32 mm) altına düştüğünde sulama yapılacağı ve bu nem düzeyini tekrardan tarla kapasitesine yükseltecek miktarda sulama suyu uygulanacağı öngörülmüştür.

Çizelge 7. Damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçları için hazırlanan sulama programı (2012 – 2020))

Table 7. Irrigation schedule prepared for apple trees irrigated using drip irrigation method (2012 – 2020)

Sulama No	Sulama Tarihi	W_{ilk} (mm)	T^* (mm)	P (mm)	W_{son} (mm)	I (mm)	Sulama Aralığı (gün)
1	16 Haziran	380.65	109.39	45.90	317.16	63.49	-
2	4 Temmuz	380.65	69.00	5.00	316.65	64.00	18
3	20 Temmuz	380.65	71.91	4.00	312.74	67.90	16
4	2 Ağustos	380.65	67.00	2.00	315.65	65.01	13
5	16 Ağustos	380.65	65.08	1.00	316.57	64.08	14
6	31 Ağustos	380.65	69.55	4.00	315.10	65.55	15
7	18 Eylül	380.65	72.21	6.00	314.44	66.21	18

Çizelge 8. Damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçları için hazırlanan sulama programı (2021)

Table 8. Irrigation schedule prepared for apple trees irrigated using drip irrigation method (2021)

Sulama No	Sulama Tarihi	W_{ilk} (mm)	T^* (mm)	P (mm)	W_{son} (mm)	I (mm)	Sulama Aralığı (gün)
1	07.06.2021	380.65	90.14	24.63	315.14	65.51	-
2	25.06.2021	380.65	63.75	0.00	316.90	63.75	18
3	11.07.2021	380.65	67.52	0.25	313.38	67.27	16
4	26.07.2021	380.65	71.31	4.31	313.65	67.00	15
5	08.08.2021	380.65	68.44	0.50	312.72	67.94	13
6	22.08.2021	380.65	64.62	1.27	317.30	63.35	14
7	07.09.2021	380.65	67.52	0.00	317.13	67.52	16
8	24.09.2021	380.65	64.69	0.00	315.96	64.69	17

Çizelge 9. Damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçları için hazırlanan sulama programı (2022)

Table 9. Irrigation schedule prepared for apple trees irrigated using drip irrigation method (2022)

Sulama No	Sulama Tarihi	W_{ik} (mm)	T' (mm)	P (mm)	W_{son} (mm)	I (mm)	Sulama Aralığı (gün)
1	11.06.2022	380.65	126.78	61.98	315.85	64.80	-
2	28.06.2022	380.65	70.41	6.35	316.59	64.06	17
3	10.07.2022	380.65	64.02	0.00	316.63	64.02	12
4	23.07.2022	380.65	64.24	0.00	316.41	64.24	13
5	04.08.2022	380.65	64.25	0.00	316.40	64.25	12
6	17.08.2022	380.65	68.53	0.00	312.12	68.53	13
7	31.08.2022	380.65	67.50	0.00	313.15	67.50	14
8	15.09.2022	380.65	65.18	0.00	315.47	65.18	15
9	04.10.2022	380.65	65.25	0.00	315.40	65.25	19

Sulama aralığı, uzun yıllar ortalama (2012 – 2020) ve 2021 yılı iklim verileri ile hazırlanan sulama programlarında 13 – 18 gün arasında değişmiştir. Sulama sayıları ise sırasıyla 7 ve 8 olarak belirlenmiştir. Sulama aralığının 12 – 19 gün arasında değiştiği 2022 yılı için sulama sayısı 9 olarak elde edilmiştir. Elma ağaçlarının her bir sulama aralığındaki su tüketimi; 2012 – 2020 yılları arasındaki süreç için 65.08 – 109.39 mm, 2021 yılı için 63.75 mm – 90.14 mm ve 2022 yılı için 64.02 – 126.78 mm arasında değişmiştir. Her bir sulamada uygulanması gereken sulama suyu miktarları sırasıyla ise 63.49 – 67.90 mm, 63.35 – 67.94 mm ve 64.02 – 68.53 mm arasında değerler almıştır. Elma ağaçlarının son sulamaya kadar olan mevsimlik toplam su tüketimleri sırasıyla 524.14 mm, 557.99 mm ve 656.16 mm olarak belirlenmiştir. Bu su tüketimi miktarlarının sırasıyla 67.90 mm, 30.96 mm ve 68.33 mm büyüklüğündeki bölümleri yağışla karşılanmıştır. Mevsimlik toplam sulama suyu miktarları ise sırasıyla 456.24 mm, 527.03 mm ve 587.83 mm olarak elde edilmiştir. Uzun yıllar ortalama iklim verileri ile 2021 ve 2022 yılı güncel iklim verileri kullanılarak elde edilen bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarlarının ortalamaları dikkate alındığında, elma ağaçlarının her bir sulama aralığındaki ortalama su tüketimi 72.91 mm olarak belirlenmiştir. Bu bitki su tüketimine karşılık olarak ortalama 15 gün ara ile uygulanması gereken sulama suyu miktarı ise ortalama 65.50 mm olarak elde edilmiştir. Damla sulama yöntemi ile sulanacağı öngörülen elma ağaçlarının son sulamaya kadar ortalama mevsimlik su tüketimi 579.43 mm, bu su tüketimine karşılık olarak uygulanması gereken ortalama mevsimlik toplam sulama suyu miktarı ise 523.70 mm olarak belirlenmiştir. İlk sulamanın Haziran ayı ortalarında, son sulamanın ise Eylül ayı sonlarına doğru yapılması gerektiği

sonucuna ulaşılmıştır. Anonim (2023), elma ağaçlarının sulama aralığının kurak bölgelerde ortalama 10 gün olduğunu, Van ilinde elma yetiştiriciliğinin ağırlıklı olarak yapıldığı Van Gölü kıyı kesimlerine benzer yarı kurak – nemli arası iklime sahip bölgelerde ise 15 – 20 gün aralığında değiştiğini ifade etmiştir.

Van ili iklim ve çevre özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada olduğu gibi, etkili kök derinliği bölgesindeki kullanılabilir suyun bitki tarafından tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) %40 alınarak, damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçlarının su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlendiği benzer çalışmalarda; Karamürsel ve ark. (2017), Isparta koşullarında mevsimlik toplam su tüketimini 532.70 mm olarak belirlemişlerdir. Bu su tüketiminin karşılığı olarak, elma ağaçlarına 15 günlük aralıklarla toplam 478.70 mm sulama suyu uygulamışlardır. Isparta koşullarında yürütülen bir diğer çalışmada Küçükşumuk ve ark. (2020), 478.00 – 522.70 mm arasında değişen toplam su tüketimine karşılık olarak, elma ağaçlarına 361.20 mm – 395.00 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu vermişlerdir. Orta ve ark. (2020), Tekirdağ koşullarında yetiştirilen elma ağaçlarının mevsimlik toplam su tüketiminin 359.30 – 470.30 mm arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalardan farklı olarak R_y 'nin sırasıyla %30 ve %50 alındığı Ankara ve Konya koşullarında yürütülen çalışmalarda, sırasıyla 697.90 – 851.80 mm ve 290.00 mm – 394.00 mm aralıklarında değişen mevsimlik toplam su tüketimi değerleri elde edilmiştir (Köksal ve ark., 2000; Çay ve ark., 2009). Damla sulamadan farklı olarak yüzey sulama ve ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemleri kullanılarak, %30 – 40 arasında değişen R_y koşullarında elma ağaçlarının sırasıyla mevsimlik toplam su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlendiği bazı çalışmalarda; 920 mm ve 531 mm (Güngör ve Kanburoğlu, 1978), 845 mm ve 547 mm (Günbatılı ve Demirören, 1980), 814 mm ve 495 mm (Kıvanç, 1991), 524 mm ve 286 mm (Daşcı ve ark., 2016) sonuçları elde edilmiştir. Ele alınan bu çalışmalar kapsamında elma ağaçları için belirlenen bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarları ile Van ili koşulları için tahmin edilen miktarlar arasında iklim, bitki ve toprak özellikleri ile sulama yöntemi ve sulama mevsimi uzunluğuna bağlı farklılıklar olsa da, genel olarak R_y 'nin %40 alındığı çalışmalar ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

SONUÇ

Van ili koşullarında yetiştirilen elma ağaçlarının teorik su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenerek sulama programlarının hazırlandığı bu çalışmada, etkili kök derinliği bölgesindeki kullanılabilir suyun %40'ı tüketildiğinde damla sulama yöntemi ile sulama yapılacağı öngörülmüştür. Yağışa bağlı olarak ortalama 15 gün sulama aralığı ile 7 – 9 adet sulama yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Elma ağaçlarının her bir sulama aralığındaki ortalama su tüketimi 72.91 mm, her bir sulamada uygulanması gereken ortalama sulama suyu miktarı ise 65.50 mm

olarak elde edilmiştir. Son sulamaya kadar ortalama 679.28 mm düzeyine ulaşan mevsimlik toplam su tüketiminin sulamada damla sulama yöntemi kullanılması durumunda %14.70 oranında azalarak 579.43 mm düzeyine gerilediği görülmüştür. Damla sulama yöntemi ile uygulanması gereken ortalama mevsimlik toplam sulama suyu miktarı ise 523.70 mm olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçların, Van yöresinde elma ağaçları için yapılacak damla sulama uygulamalarında aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

KAYNAKLAR

- Al Ali, M., Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., 2018. Damla sulama yöntemiyle uygulanan farklı düzeylerde sulama suyu miktarının patlıcan su verim ilişkisine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 385-393.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Irrigation and Drainage Paper No: 56, 300 p, Rome, Italy.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Meyvecilik Alt Komisyonu Elma Raporu. Available at <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Bitkisel-Uretim-OIK-Raporu-Meyvecilik.pdf> (Erişim tarihi: 14 Haziran 2023).
- Anonim, 2021. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Sulama Çalışma Grubu. Available at https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/467/Sayfa/1497/1861/DosyaGaleri/tarimsal_sulamaya_grubu_calisma_belgesi.pdf (Erişim tarihi: 28 Temmuz 2023).
- Anonim, 2023. Elma bahçelerinde yıllık bakım işleri. Available at <https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Meyvecilik/elmabakim.pdf> (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2023).
- Aydınşakir, K., Baştuğ, R., Büyüktaş, D., 2003. Antalya yöresinde çim kıyas bitki su tüketimini veren bazı ampirik eşitliklerin tarla ve lizimetre koşullarında kalibrasyonu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1): 107-119.
- Çakmak, B., Yıldırım, M., Aküzüm, T., 2008. Türkiye’de tarımsal sulama yönetimi sorunları ve çözüm önerileri. TM-MOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Su Politikaları Kongresi, 215-224, 20-22 Mart, Ankara.
- Çay, Ş., Tari, A.F., Dinç, N., Bitgi, S., Özbahçe, A., Palta, Ç., Okur, O., 2009. Farklı sulama programlarının M9 anacına aşıllı Granny Smith elma ağaçlarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2): 73-79.
- Çetin, Ö., 2003. Toprak-su ilişkileri ve toprak suyu ölçüm yöntemleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No: 258, 89 s, Eskişehir.
- Daşçı, E., Kaya, S., Evren, S., Yılmaz, H., Adıgüzel, M.C., 2016. Genç elma ağaçlarının vejetatif gelişim, meyve verimi ve kalitesi üzerine farklı sulama programlarının etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 22(2): 216-228. doi:10.1501/Tarimbil_0000001382
- DMİ, 2023. Van ili iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Irrigation and Drainage Paper No: 24, 144 p, Rome, Italy.
- FAO, 2022. Statistical Database. Available at <https://www.fao.org/statistics/en> (Erişim tarihi: 22 Ekim 2022).
- Goldberg, D., Gornat, B., Rimon, D., 1976. Drip irrigation: principles, design and agricultural practices. Drip Irrigation Scientific Publication, 296 p, Israel.
- Günbatlı, F., Demiroren, T., 1980. Tokat-Kazova koşullarında elmanın su tüketimi, Tokat Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No:37, 47 s, Tokat.

- Güngör, H., Kanburoğlu, S., 1978. Orta Anadolu koşullarında elmanın su tüketiminin tarla parsellerinde saptanması. Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No: 143, 39 s, Eskişehir.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1540, Ders Kitabı No: 493, 292 s, Ankara.
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akinoğlu, G., Boz, E., 2016. Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1): 32-42.
- Jacobs, J.M., Anderson, M.C., Friess, L.C., Diak, G.R., 2004. Solar radiation long wave radiation and emergent wetland evapotranspiration estimates from satellite data in Florida. *Hydrological Sciences*, 49(3): 461-476. doi:10.1623/hysj.49.3.461.54352
- Jensen, M.E., Allen, R.G., 2016. Evaporation, evapotranspiration, and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers (ASCE), 744 s, New York, USA.
- Karaca, C., Tekelioğlu, B., Büyüktaş, D., Baştuğ, R., 2017. Kıyas bitki su tüketiminde kullanılan eşitliklerin değerlendirilmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, ICAE-IWCB 2017 özel sayı: 144-161.
- Karamürsel, D., Küçükyumuk, C., Yıldız, H., 2017. Elma üretiminde farklı malç uygulamaları ve sulama programlarının ekonomik analizi. *Derim*, 34(2): 147-157. doi:10.16882/derim.2017.310521
- Kırnak, H., Akpınar, Y., İrık, H.A., 2022. Toprak nemi belirlenmesinde kullanılan tansiyometrenin arazi kalibrasyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4): 823-829. doi:10.30910/turkjans.990801
- Kıvanç, F., 1991. Isparta-Atabey Ovasında elmanın su tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Konya Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No: 142, 68 s, Konya.
- Klocke, N.L., Hubbard, K.G., Kranz, W.L., Watts, D.G., 1990. Evapotranspiration (ET) or Crop Water Use. NebGuide G992, NE Cooperative Extension. Available at <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2196&context=extensionhist> (Erişim tarihi: 22 Nisan 2023).
- Köksal, A.İ., Yıldırım, O., Dumanoğlu, H., Kadayıfçı, A., Güneş, N., 2000. Farklı sulama yöntemlerinde elma ağaçlarının su tüketimi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2): 22-29.
- Küçükyumuk, C., Yıldız, H., Meriç, M.K., 2020. The response of braeburn apple to regulated deficit irrigation. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(2): 154-163. doi:10.15832/ankutbd.491542
- Maiseli, B.J., 2019. Optimum design of chamfer masks using symmetric mean absolute percentage error. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 74: 1-15. doi:10.1186/s13640-019-0475-y
- Munsuz, N., 1985. Toprak mekaniği ve teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 922, Ders Kitabı No: 260, 448 s, Ankara.
- Nalbantoğlu, A., 2014. Aydın bölgesinde yüzey sulama sisteminden toplu basınçlı sulama sistemine geçilen arazilerde sulama uygulamalarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s, Aydın.
- Orta, A.H., Yüksel, A.N., Erdem, T., 2000. Tekirdağ koşullarında farklı sulama yöntemlerinin elma ağaçlarının su tüketimine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3): 109-115. doi:10.1501/Tarimbil_00000000978
- Öztürk, F.P., Küçükyumuk, C., Kaçal, E., Yıldız, H., 2018. Verim çağındaki elma ağaçlarında yüzey sulama yönteminin damla sulama sistemine geçiş sürecinin ekonomik değerlendirmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21: 102-108. doi:10.18016/ksutarimdogavi.472705
- Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S., 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agricultural Water Management*, 66(3): 181-203. doi:10.1016/j.agwat.2003.12.001
- Salas, W., Green, P., Froling, C., Li, C., Boles, S., 2006. Estimating irrigation water use in California agriculture. Available at http://www.energy.ca.gov/2006_publications/CEC-500-2006-057/CEC-500-2006-057.PDF. (Erişim Tarihi: 18 Şubat 2022).
- TAGEM, 2022. Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. Available at <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>. (Erişim tarihi: 26 Mayıs 2022).
- Tan, C.S., 1990. Irrigation scheduling for fruit crops. Agriculture Canada. Available at <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/90-069.htm> (Erişim tarihi: 26 Mayıs 2022).
- Thadchayini, T., Thiruchelvam, S., 2005. An economic evaluation of a drip irrigation project for banana cultivation in Jaffna District. Water Professionals Day Symposium, 111-126, 01 October, Peradeniya, Sri Lanka.
- Trajković, S., Gocić, M., 2010. Comparison of some empirical equations for estimating daily reference evapotranspiration. *Facta Universitatis - Series: Architecture and Civil Engineering*, 8(2): 163-168. doi:10.2298/FUACE1002163T
- TÜİK, (2022). Meyve ürünleri, içecek ve baharat bitkileri üretim miktarları, 2020. Available at <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737> (Erişim tarihi: 18 Ağustos 2022).

- Westarp, S., Chieng, S., Schreier, H., 2003. A comparison between low-cost drip irrigation, conventional drip irrigation, and hand watering in Nepal. *Agricultural Water Management*, 64(2): 143-160. doi:10.1016/S0378-3774(03)00206-3
- Yaman, M., 2013. Van il merkezinin yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s, Niğde.
- Yetik, A.K., Aşık, M., 2021. Toprak nem içeriğinin izlenmesi ve tayininde kullanılan yöntemler. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1): 484-496. doi: 10.35193/bseuffbd.842370
- Yıldırım, O., 2008. Sulama sistemleri tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1565, Ders Kitabı No: 518, 354 s, Ankara.
- Young, M.H., Wierenga, P.J., Mancino, C.F., 1996. Large weighing lysimeters for water use and deep percolation studies. *Soil Science*, 161(8): 491-501. doi: 10.1097/00010694-199608000-00004



The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Food Security: A Global Perspective

İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerinin Gıda Güvencesi Üzerindeki Etkisi: Küresel Bir Bakış Açısı

Nur AFİANİ¹, Mehmet BOZOĞLU²

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Samsun
· afianinur@gmail.com · ORCID > 0009-0008-7517-1425

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Samsun
· bozoglumehmet@gmail.com · ORCID > 0000-0001-8333-1865

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 16 Şubat/February 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 23 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 333-349

Atıf/Cite as: Afiani, N., Bozoğlu, M. "The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Food Security: A Global Perspective" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 333-349.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nur AFİANİ

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES ON FOOD SECURITY: A GLOBAL PERSPECTIVE

ABSTRACT

Climate change poses a serious threat to the agricultural sector due to its nature of being dependent on natural conditions. As a result, food productivity decreases by threatening global food security. This study aims to analyze the impact of climate change adaptation adopted by farmers on food security by providing impressions and perspectives from related studies. According to previous studies, the variables of gender, education, family size, land size, livestock ownership, agricultural extension, access to credit, and climate information are factors that have a positive influence on farmers' decisions to adopt climate change strategies. Meanwhile, the age variable has a negative influence on farmers' decisions to adopt it. In addition, the results also show that the adaptation of climate change strategies has a significant impact on food security. Farmers can improve food insecurity by adapting to climate change. This study provides important insights for future research to develop climate-resilient approaches in the complex global food system.

Keywords: Climate Change, Adaptation Strategies, Food Security, Effective Factors.



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM STRATEJİLERİNİN GIDA GÜVENCESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: KÜRESEL BİR BAKIŞ

ÖZ

İklim değişikliği, doğal koşullara bağımlı yapısı nedeniyle tarım sektörü için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sonuç olarak, küresel gıda güvenliğini tehdit ederek gıda verimliliğini azaltmaktadır. Bu çalışma, çiftçiler tarafından benimsenen iklim değişikliğine uyumun gıda güvenliği üzerindeki etkisini, ilgili çalışmalardan izlenim ve bakış açıları sunarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Mevcut araştırmalar; cinsiyet, eğitim, aile büyüklüğü, arazi büyüklüğü, hayvan sahipliği, tarımsal yayım, krediye erişim ve iklim bilgisi değişkenlerinin çiftçilerin iklim değişikliği stratejilerini benimseme kararları/davranışlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Buna karşın, yaş değişkeninin çiftçilerin iklim değişikliğe uyum kararları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliği stratejilerinin adaptasyonunun gıda güvenliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu tespit edilmiştir. Çiftçiler, iklim değişikliğine uyum sağlaya-

rak gıda güvenliğini iyileştirebilirler. Bu çalışma, karmaşık küresel gıda sisteminde iklime dirençli yaklaşımlar geliştirmeye yönelik gelecekteki araştırmalar için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Uyum Stratejileri, Gıda Güvenliği, Etkili Faktörler.



1. INTRODUCTION

The issue of climate change has become one of the biggest global challenges facing humanity today. This is caused by a variety of factors, including human actions such as burning fossil fuels, deforestation and industrial activities, as well as natural events such as volcanic eruptions and solar radiation (Owino et al., 2022). Some of the important aspects to understand include global temperature changes, changing rainfall patterns, increased frequency and intensity of natural disasters, and other extreme changes. Based on WMO (2023), the global average temperatures have increased significantly over the past few decades and it is likely to surge to record levels in the next five years. Since 1750, the concentrations of greenhouse gases such as carbon dioxide (CO₂), nitrous oxide (N₂O), and methane (CH₄) have increased by 150%, 40%, and 20%. The significance of these changes in the coming decades, particularly towards the end of the century, will depend on the success of greenhouse gas emission reduction policies and the responsiveness of the climate system (IPCC, 2007).

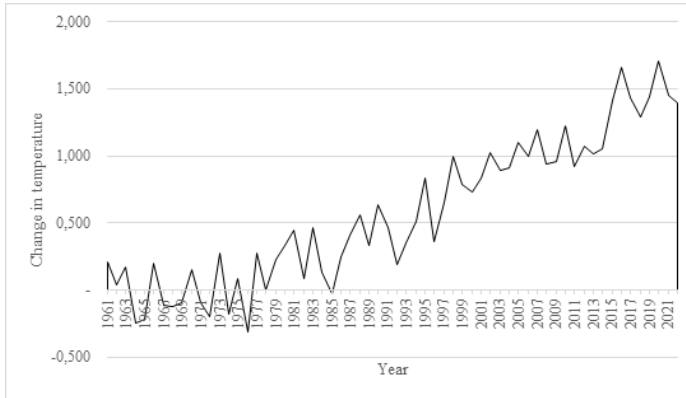


Figure 1. Changes in world temperature in 1961-2022

Source: FAO Temperature Change (2023)

Most of the impact is felt in developing countries, where food systems face greater vulnerability to the impacts of climate change due to limited resources, inadequate infrastructure and high poverty levels (Krishnamurthy et al., 2012; Owino et al., 2022). The severity of the effects of extreme events on agriculture is already considerable (FAO, 2015). The phenomenon of climate change has had a marked impact on global food production systems, with notable consequences seen in Australia, Europe and South Africa. In contrast, the impacts of climate change on food production in Asia and North and Central America show more mixed results (Ray et al., 2019). Several countries are making efforts to mitigate the adverse impacts of climate change. One example is UN Climate Change Conference (COP) 21 held in Paris on December 12, 2015, which resulted in Paris Agreement, a collaborative agreement aimed at reducing carbon emissions (Matemilola et al., 2020).

Meanwhile, the sustainability of production and access to sufficient, safe and nutritious food is a major challenge in maintaining the welfare of the world's growing population. Among the various sectors, agriculture is the most affected by climate change due to its highly dependent nature on climate and natural resources (Massagony et al., 2023). There are three main factors relating to global climate change which impacts the agriculture sector, namely: (i) change in rain pattern; (ii) increase in occurrences of extreme climate (flood and drought); and (iii) increase in air temperature (Akmalia, 2022). Nonetheless, each nation and crop are affected differently by climate change in terms of agricultural productivity (Adams et al., 1998).

Climate change has had significant impacts on agricultural ecosystems and food production, including reduced crop productivity, changes in seasonal patterns, and environmental damage. This has triggered uncertainty in food supply, resulted in food price fluctuations, and increased the risk of hunger and malnutrition in some regions. The impact of climate change not only affects the food production, but also influences the farmers' income, food accessibility, food supply, and food security (Anríquez and Toledo, 2019; Firdaus et al., 2019; Murniati and Mutolib, 2020)

Understanding farmers' perspectives on climate change is crucial for anticipating and mitigating climate change risk through mitigation and adaptation strategies such as modifying agricultural growing techniques (Speranza, 2010; Suranny et al., 2022). Therefore, it is important to implement an adaptation strategy in order to effectively address these challenges on agricultural output sustainability and the food security of farming households. In addition, a deep understanding of how climate change affects food security. A comprehensive explore the current studies can provide valuable insights into the various adaptation efforts that have been undertaken, potential vulnerabilities that need to be addressed, as well as opportunities to improve food security in the future.

This study aims to explore the current studies of the strategies employed by farmers in several countries to cope with the challenges posed by climate change, as well as the effects on food security. Specifically, this study analyses previous similar studies and summarizes them, looking at patterns and current trends in the studies that have been conducted. This study also seeks a deeper understanding of the solutions that have been proposed in the face of climate change.

This study is expected to offer valuable insights into the efficacy of adaption strategies and their possible implications on food production and food security. The data and insights derived from this study can provide valuable assistance to policy makers, international organizations, and other stakeholders in formulating sustainable strategies for addressing climate change and ensuring sufficient food supply for the global population. Furthermore, this research has the potential to assist farmers in making informed decisions regarding appropriate strategies for mitigating the impacts of climate change. Consequently, it is anticipated that the maintenance of agricultural productivity can be achieved.

2. MATERIAL AND METHOD

Figure 2 illustrates the relationship between climate variability and change, exposure to climate hazards, adaptation techniques, and food security status of farm households. Climate change can lead to exposure to hazards such as floods, droughts, soil erosion, and land degradation. These exposures can significantly impact the agricultural sector, causing loss of crop productivity, livestock mortality, crop failure, decreased water salinity, and price instability. As a result of these impacts, there are food shortages in the community. High prices also prevent farmers from accessing sufficient food. Therefore, various adaptation strategy options are needed to reduce the negative impacts on agricultural production. These adaptation strategies include crop diversification, drought-tolerant crop varieties, water conservation, early maturing crops, and diversifying livelihoods (Ali and Erenstein, 2017; Amare and Simane, 2018; Diallo et al., 2020; Gebre et al., 2023; Mariara and Mulwa, 2019). Farming households often use a variety of adaptation strategies to protect themselves from these threats. Based on some studies, these are the strategies that many farmers use to minimize the impact of climate change.

The decision of farmer households to implement various adaptation measures influenced by various factors such as household characteristics, asset holdings, social capital, access to extension services, access to climate information, and others. This study hypothesizes that farmers who implement various adaptation methods will reduce the vulnerability of farm households to the impacts of climate change. This may also affect their agricultural productivity. Thus, by implementing various adaptation measures, farmers can produce their own food and earn

higher income from the agricultural sector. This increase in productivity allows farmers to buy enough food, thus making access to food easier and improving their food security status.

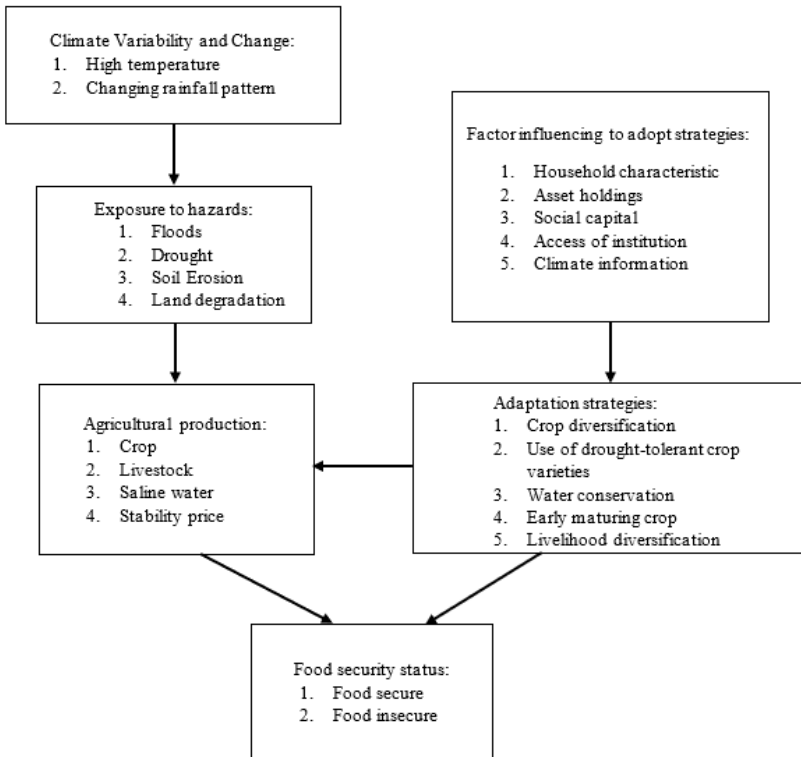


Figure 2. Conceptual framework of the study

The studies on climate change adaptation build on a critical perspective of previous research to better understand how climate change can build an ecosystem of adaptation strategies among farmers and how it affects food security in some countries. To understand how climate change and food security are interlinked, this study brought together the current studies on climate change adaptation and food security.

The data used in this study is secondary data from journals published on Google Scholar, Science Direct, and Web of Science. This research was conducted by analyzing some articles from selected studies that discussed adaptation climate change on food production and food safety. The first stage of this research is to conduct a search using the keywords “Climate Change and Food Security” and

collecting articles related to it. Second, sorting out the focus of the discussion in the article, by only selecting articles that focus on the discussion of climate change adaptation on food security. Third step is classifying articles related to the author, article title and year of publication. The results of this analysis provide information and literacy of climate change adaptation on food security.

Table 1. The summary of the title, study area, model and publisher of critically reviewed researches

Authors and Year	Title of Article	Study Area	Method	Publisher
Di Falco et al. (2011)	Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia	Ethiopia	Endogenous switching regression model	American Journal of Agriculture Economics
Ali & Erenstein (2017)	Assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and poverty in Pakistan	Pakistan	Probit Regression Model	Climate Risk Management
Amare & Simane (2018)	Does adaptation to climate change and variability provide household food security? Evidence from Muger sub-basin of the upper Blue-Nile, Ethiopia	Ethiopia	Propensity Score Matching approach and Household food balance model	Ecological Processes
Mariara & Mulwa (2019)	Adaptation to climate change and climate variability and its implications for household food security in Kenya	Kenya	Endogenous switching regression model	Food Security
Murniati et al. (2019)	Climate Change Adaptation Strategy for Sustainability and Food Security of Cassava Farming Households in Lampung, Indonesia	Indonesia	Ordinal Logit Model	Journal of Agricultural Extension
Diallo et al. (2020)	Climate change adaptation strategies, productivity and sustainable food security in southern Mali	Mali	Propensity Score Matching approach	Climate Change
Dirani et al. (2021)	Exploring climate change adaptation practices and household food security in the Middle Eastern context: a case of small family farms in Central Bekaa, Lebanon	Lebanon	Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) scores	Food Security

Savari & Zhooldideh (2021)	The role of climate change adaptation of small-scale farmers on the household's food security level in the west of Iran	Iran	Discriminant analysis	Development in Practice
Rahman et al. (2022)	Does adaptation to climate change promote household food security? Insights from Indonesian fishermen.	Indonesia	Two-stage residual inclusion (2SRI), and two-step predictor substitution (2SPS) approaches	International Journal of Sustainable Development and World Ecology
Ogundeji (2022)	Adaptation to Climate Change and Impact on Smallholder Farmers' Food Security in South Africa	South Africa	Propensity Score Matching approach and Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS)	Agriculture
Gebre et al. (2023)	Farmers' use of climate change adaptation strategies and their impacts on food security in Kenya	Kenya	Multivariate probit model and Propensity Score Matching approach	Climate Risk Management

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. The Relationship Between Climate Change and Food Security

The relationship between food security and climate change is a complex one. It is because food security is not only about food and its production, but also involves trade, nutrition, and the efforts of communities and countries to maintain access to food over time, especially in the face of multiple pressures (Ziervogel and Ericksen, 2010). At the global scale, climatic shocks that affect regions of significant importance for food supplies can have indirect consequences by influencing: (i) the flow of supplies and causing spikes in food prices, leading to heightened market volatility; and (ii) the disruption of trade patterns due to impacts on bilateral contracts and/or import/export behavior. The role of trade is anticipated to be significant in adapting to changes in food production patterns caused by climate change (Gitz and Meybeck, 2016). Climate change is also expected to cause a reduction in crop yields of up to 25% in some regions, especially in developing countries. This situation could result in increased food insecurity, malnutrition and poverty, especially among vulnerable populations (FAO, 2015).

In order to face this challenge, a key priority is to respond to adaptation to climate change in the context of food security. Diverse actions must be taken to prevent an increase in food insecurity. Building resilience at all levels, from farm households and agricultural systems to larger levels, would involve deploying a wide range of instruments in order to provide food security and decent nutrition in climate change (Gitz and Meybeck, 2016).

3.2. Agricultural Adaptation Strategies to Climate Change

Climate change adaptation refers to a system's ability to respond to the impact of unpredicted climate, weather, and seasons (climate change). As a result, farmers must urgently adapt to the effects of climate change to maintain farming productivity (Murniati et al., 2019). Based on previous studies that has been conducted, there are several main variables that are the focus of this research in influencing adaptation to climate change. These variables include demographic factors, socioeconomics, livestock, land size, access to extension, access to credit, access to information and climate. Factors influencing farmers to adapt climate change strategies are shown in Table 2.

3.2.1. Age

In the study conducted by Mariara and Mulwa (2019), using the maize yield equivalent (MYE) measure, which expresses the equivalent weight agricultural production or grains to farming households in Kenya showed that the age of the household head was a positive significant factor in climate change adaptation. Meanwhile, research conducted by Ogundeji (2022), showed that the age of farmers was statistically significant but had a negative correlation with climate change adaptation in the study area. This implies that the older farmers are, the less interested they may be in investing in climate change adaptation due to farmers have more family responsibilities. Ali and Erenstein (2017), also stated that the age of the household head is negatively associated with the adoption of climate change adaptation practices, which suggests that younger farmers are more likely to adopt compared to older farmers, as they are more innovative and interested in trying new technologies and methods to improve agriculture. The negative relationship between the farmers' age and climate change adaptation strategies has been similarly found in other study (Gebre et al., 2023). While research conducted by Rahman et al. (2022), on fishermen in Indonesia using the 2SRI approach to address endogeneity issues in modelling the impact of climate change adaptation on household food security by regressing the treatment variable (adaptation to climate change) as a function of the fisher profile (control variable) shows that age does not show a significant effect on climate change adaptation. The same results that age is not a significant factor in climate change adaptation can also be seen in several studies (Amare and Simane, 2018; Di Falco et al., 2011).

Table 2. Factors influencing farmers in adapting to climate change strategies

Variables	Rahman et al (2022)	Ali & Erenstein (2017)	Di falco et al (2011)	Gebre et al (2023)	Mariara & Mulwa (2019)	Amare & Simane (2018)	Ogundeji (2022)
Age	0.030	-0.01***	0.007	-0.014**	0.271**	0.774	0.042**
Gender		0.01	0.149	0.040**	-0.138	0.000*	0.065**
Family size	0.175	0.02***	0.052**	0.003***	0.157**	0.004*	
Education	0.077*	0.03***	0.092	0.029**	0.005	0.263	0.565
Farm experience	0.026			0.009	0.0872**		0.451
Land size		0.03***		0.006**		0.003*	
Livestock Owned		0.01***	0.009	0.082		0.033*	0.056*
Income		0.03***		0.606***	0.057		
Social group	0.638	0.04***		0.300			
Agricultural Extension	0.501***	0.01***	0.457***	0.069***	0.275***	0.000*	0.321
Access of Credit	0.443**	0.02***	0.246***		0.054	0.196	0.753
Climate information	0.444**		0.465***	0.014***		0.051*	0.000***
Climate factor	0.241***		0.001		0.997**		

3.2.2. Gender

Gebre et al. (2023), show that the gender of the farmer is positively associated with the use of drought-tolerant crop varieties and crop diversification as the type of climate change adaptation. This result is also similar with previous study conducted by Amare and Simane (2018), using probit model estimation which shows that male-headed households have a better chance of taking adaptation actions compared to female households, mainly due to cultural and social barriers that limit women's access to land and information on climate change. Meanwhile in a study conducted by Ogundeji (2022), it was shown that the gender variable exhibited a negative and statistically significant relationship with the adoption of climate change adaptation. This suggests that female farmers are more inclined to use climate change adaptation measures compared to their male counterparts. The inclination of women to exhibit risk-averse behavior can be identified as a contributing factor to their heightened interest in implementing solutions aimed at mitigating the dangers connected with climate change. In several other studies, the relationship between gender and climate change adaptation shows insignificant results, implying that there is no influence between male or female leadership on climate change adaptation decisions (Di Falco et al., 2011; Ali and Erenstein, 2017)

3.2.3. Family Size

In the study conducted Ali and Erenstein (2017), with using probit model estimation show that family size is positively associated with adaptation practices. The relationship between household size and adaptation strategies has been similarly found in other studies that show that family size is positively associated with all of adaptation strategies methods (Di Falco et al., 2011; Amare and Simane, 2018; Mariara and Mulwa, 2019; Gebre et al., 2023). The positive and significant coefficient of farm household size indicates that farmers with larger family sizes employ more strategies to mitigate climate change-related risks. Meanwhile in Rahman et al. (2022), household size has no relationship on farmers' decision to adopt climate change adaptation.

3.2.4. Education

The findings of the study conducted by Ali and Erenstein (2017), indicate a positive correlation between the level of education attained by the head of the household and the implementation of various adaptation strategies. Farmers who have had a formal education are more likely to possess a heightened awareness of climate change and advancements in agriculture. Consequently, they may exhibit a greater inclination towards embracing technological solutions and adopting innovative ways in order to effectively manage the risks associated with climatic variability. This result was consistent with Gebre et al. (2023), who found that younger farmers with higher education levels are more likely to use climate change adaptation practices. The similar finding could be found in study conducted by Rahman et al. (2022), which show that the coefficient of the education variable is positive and significant. It means that the higher the education, the more strategies will be adopted. Meanwhile in other studies conducted by Amare and Simane (2018), farmers decision to adopt adaptation options is not significantly influenced by education.

3.2.5. Land Size

According to Ali and Erenstein (2017), there is a significant correlation between land holding size and the utilization of all three adaptation techniques consisting of adjustments to sowing times, drought-tolerant varieties and shifts to new crops. Farmers who possess extensive landholdings are more inclined to possess greater capacity for experimentation and investment in techniques aimed at mitigating climate risks. This result in line with study conducted by Amare and Simane (2018), the decision to adopt adaptation options is found to be positively influenced by the size of landholding. Gebre et al. (2023), also revealed that farmers who own more hectares of land use more climate change adaptation strategies, possibly because they have more financial resources to invest in more climate change adaptation practices. Large farming household-

ds tend to have higher food demand, so farmers are adopting strategies to respond to climate change in order to increase food supply and meet demand (Diallo et al., 2020).

3.2.6. Livestock Owned

Ali and Erenstein (2017), also show that livestock is positively related to all of adaptation methods. Similar with Ogundeji (2022), in his research on smallholder farmers in South Africa also showed that farmers with a more extensive livestock measured by the Tropical Livestock Unit (TLU) were also more likely to take action to mitigate the adverse effects of climate change. When planting, farmers with a sufficient number of donkeys and oxen might easily adjust the dates of their plantings by utilizing the animals to prepare their fields (Diallo et al., 2020). In contrast with Amare and Simane (2018), who found that livestock holdings negatively influence household's decision to adopt adaptation options at 5% probability level. Meanwhile, according to Gebre et al. (2023), livestock ownership does not show a significant influence on climate change adaptation decisions.

3.2.7. Agricultural Extension

In the study conducted by Ali and Eresntein (2017), show that extension services is positively associated with all three adaptation methods. The provision of information by extension services is a significant factor in influencing farmers' decision-making processes on the adoption of climate change. This study suggests that the primary barrier to adaptation could potentially be attributed to limited availability of extension services (Di Falco et al., 2011) Similar results were also found in research conducted by Amare and Simane (2018), that access to extension services has a positive and significant effect on farmers' decisions to invest in adaptation. Having extension service availability raises the likelihood of adopting adaptation alternatives by 22.8%. In study conducted by Gebre et al. (2023), also revealed that there is a positive correlation between the frequency of extension contact and both agricultural diversity and the utilization of early maturing crop varieties. In Maria-ra and Mulwa (2019), access to general extension services is a strong instrument to adaptation climate change. These finding also in line with study conducted by Rahman et al. (2022), on fishermen in Indonesia which showed that Fisheries extension activity has a positive impact on fishermen's decision to adopt climate change strategies, and the effect is statistically significant at 1%, implying that participating in fisheries extension activity encourages adaptation.

3.2.8. Access of Credit

Research conducted by Di Falco et al. (2011), has shown that farm households that have access to financing are more inclined to engage in adaptive measures in

response to climate change. These findings align with other studies, including those that show the positive effects of access of credit with adaptation of climate change (Ali and Erenstein, 2017). In Rahman et al. (2022), access to credit is positively related and statistically significant at the 5% and 1% levels, indicating that fishers who have access to credit are more likely to adapt as they can purchase the tools needed in the process. Meanwhile, findings from a study conducted by Ogundeji (2022), revealed that access to credit did not emerge as a significant determinant influencing the decisions of farmers regarding the adoption of climate change strategies. These results are also in line with research conducted by Mariara and Mulwa (2019), and Ogundeji (2022), who revealed that access to credit was not statistically significant in influencing farmers' decisions in adopting climate change adaptation strategies.

3.2.9. Climate Information

The role of information seems very crucial. Farmers who are knowledgeable about climate conditions are more likely to adopt adaptation strategies (Di falco et al., 2011). In study conducted by Amare and Simane (2018), revealed that the likelihood of selecting an adaptation choice improves by 5.04% when access to climate warnings about drought and/or flood is available. According to Ogundeji (2022), farmers who had access to climate information or were made aware of changing weather patterns through early warning systems have a higher likelihood of taking actions to cope with climate change. This early warning system most likely aids in farmers' physical and mental preparation for changes in upcoming weather conditions. These findings are also in line with research conducted by Gebre et al. (2023), which revealed that regular access to forecasts regarding rainfall and temperature is positively linked to the adoption of drought-resistant crop types, diversification of crops, and the utilization of early-maturing crop varieties. This connection facilitates farmers in making informed decisions to implement strategies addressing climate change. Furthermore Rahman et al. (2022), also stated that the climate information variable has a positive effect on climate change adaptation and is statistically significant at 5%. The more information fishermen receive, the more likely they are to adopt strategies, so improved information access is necessary.

3.3 The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Food Security

Climate change affects crop and livestock production patterns. Rising global temperatures can alter the climate suitable for the growth of some crops, while unstable rainfall patterns can cause droughts or floods. This can reduce crop yields and threatening food availability in many regions. With a growing global population, food security is a top priority. Climate change adds pressure to the global food system by reducing the availability of resources such as water, land and energy, all of which are essential for food production. In addition, extreme weather events such as storms, floods and droughts can destroy crops and agricultural infrastructure.

Food security, which encompasses food access, food availability, and the use of safe and nutritious food, is becoming increasingly difficult to deal with due to climate change. Vulnerable groups such as smallholder farmers, coastal communities and developing countries are more vulnerable to climate change due to limited resources and dependence on the agricultural sector. The farmer households used various coping strategies when they are unable to access enough food (Dirani et al., 2021). Therefore, various climate change adaptation strategies are needed to support global food security, for example use of drought-tolerant varieties, varying planting dates, improve crop diversity, soil and water conservation, early maturing crop varieties, and livelihood diversification.

The study conducted by Ogundeji (2022), found that agricultural households' food security status is likely to significantly improve when they employ measures to adapt to adverse climatic conditions. Farmers who adapted climate change strategies and had access to extension support, non-farm income, and communication devices such as mobile phones were more likely to reduce their food insecurity status. Furthermore, climate change adaptation had a 12% chance of increasing household food security while decreasing severe food insecurity by 29%. Thus, farming households that used strategies to mitigate the negative effects of climatic conditions fared better in terms of food security than those that did not.

Di Falco et al. (2011), showed that adaptation climate change strategies increases food productivity, and that the farm households that did not adapt would benefit the most from adaptation. In the opposite factual case, farm households that adapted tend to produce more than farm households that did not adapt. Similarity with Amare and Simane (2018), in their research which revealed that farmer households that adopt climate change adaptation will get more benefits which provide compelling evidence for the beneficial impact of adopting climate change adaptations that limit the negative impact of climate change on household livelihoods on alleviating food insecurity in the study area. The return to investments in soil and water conservation, small-scale irrigation, agronomic practices, and diversifying livelihood options. Each produces reliable results, particularly in areas where climate change and variability have a negative impact on agriculture, which is considered the primary source of income for households.

According to Maria and Mulwa (2019), adapting climate change on expected yield, treatment, and heterogeneity effects show that there is a positive difference between adapters and non-adapters, implying that adaptation to climate change has a positive impact on food security.

Land and water are the most important natural resources in agricultural farming systems. Therefore, increasing farm size and land quality, along with adequate water and a proper irrigation system, will improve farm quality and quantity,

and thus household food security (Savari and Zhoolideh, 2021). Awareness-raising related to adaptation needs to be focused on the entire farming community, with special emphasis on farmer groups that have higher levels of age and experience. This group tends to maintain their traditional farming methods, which in turn may compromise the potential for increased production, posing a risk to their food security status (Mariara and Mulwa, 2019).

4. CONCLUSION

Climate change poses a serious threat to the agricultural sector. This is due to the nature of agriculture, which is dependent on natural conditions such as temperature and weather patterns. The impact of climate change on the decline of agricultural productivity, uncertainty of water supply, and increased risk of natural disasters all contribute to the instability of the global food system. Therefore, farmers need to make various mitigation efforts to deal with climate change and maintain the resilience of the global food system.

Various studies have been conducted to look at various factors that influence farmers in adapting to climate change and its impact on food security. Various models have been conducted and widely used approaches are probit regression model, endogenous switching regression model, and propensity score matching approach. In addition, some studies also use the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) scores approach to determine the level of food security of farmer households.

Based on the results of this study, it can be determined that the factors of gender, education, family size, land size, livestock owned, agricultural extension, access to credit, and climate information are factors that have a positive effect on farmers' decisions to adopt climate change strategies. Meanwhile, several studies reveal that age is a factor that has a negative effect on farmers' decision to adopt strategies because the older the age of farmers, the tendency to adapt decreases. Several studies have also highlighted that the availability of agricultural extension, access to credit, and access to climate information are the main factors influencing farmers' decisions to adopt climate change strategies (Ali and Erenstein, 2017; Di Falco et al., 2011; Gebre et al., 2023; Rahman et al., 2022). Agricultural extension can also provide insight into new technologies, sustainable agricultural practices, and adaptation methods that can be applied in the local context. When farmers have limited access to climate information, they may be less able to anticipate extreme weather changes or understand the long-term impacts of climate change on agricultural production. While access to credit can help farmers invest in the implementation of these strategies.

Based on evaluation of related studies, climate change adaptation has a positive effect on food security. In some cases, farmers who adopt adaptation strategies ex-

perience an increase in agricultural productivity compared to farmers who do not adapt. However, the challenges faced in dealing with climate change indicate the need for collaboration between governments, non-governmental organizations, and communities to create sustainable solutions to ensure food security in the future.

This study only discusses the impact of strategies to deal with climate change carried out by farmers on food security by looking at several socio-economic factors of farmers making these adaptations. As a recommendation for future studies, it is necessary to consider internal and external factors that can cause distress and vulnerability of farmers in making decisions to carry out climate change adaptation strategies, for example by considering the psychological and socio-cultural factors experienced by farmers. In the other hand, further efforts are needed to intensify research and innovation to develop crop varieties that are more adaptive to climate change. Public education and awareness also need to be improved to understand the importance of climate change adaptation in maintaining global food security. One of effective approach is integrating climate change adaptation strategies into school curricula at all levels, from primary school to university by incorporating topics such as sustainable agriculture, water management and biodiversity conservation into the curriculum. Through this approach communities can develop a deeper understanding of the relationship between climate change and food security.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: NA(%70), MB(%30)

Data Acquisition: NA(%70), MB(%30)

Data Analysis: NA(%70), MB(%30)

Writing up: NA(%70), MB(%30)

Submission and Revision: NA(%70), MB(%30)

REFERENCE

- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., and Leary, N., (1998). Effects of Global Climate Change on Agriculture: An Interpretative Review. *Climate Research*, 11, 19–30.
- Akmalia, H. A., (2022). The Impact of Climate Change on Agriculture in Indonesia and Its Strategies: A Systematic Review. *Agritepa*, 9(1), 145–160.
- Ali, A., and Erenstein, O., (2017). Assessing Farmer Use of Climate Change Adaptation Practices and Impacts on Food Security and Poverty in Pakistan. *Climate Risk Management*, 16, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.12.001>
- Amare, A., and Simane, B., (2018). Does Adaptation to Climate Change and Variability Provide Household Food Security? Evidence from Muger Sub-basin of The Upper Blue-Nile, Ethiopia. *Ecological Processes*, 7(13), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0124-x>
- Anrriquez, G., and Toledo, G., (2019). De-climatizing Food Security: Lessons from Climate Change Micro-simulations in Peru. *PLOS ONE*, 14(9), 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222483>
- Di Falco, S., Veronesi, M., and Yesuf, M., (2011). Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829–846. <https://doi.org/10.1093/ajae/aar006>
- Diallo, A., Donkor, E., and Owusu, V., (2020). Climate Change Adaptation Strategies, Productivity and Sustainable Food Security in Southern Mali. *Climate Change*, 159(3), 309–327. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02684-8>
- Dirani, A. Al, Abebe, G. K., Bahn, R. A., Martiniello, G., and Bashour, I., (2021). Exploring Climate Change Adaptation Practices and Household Food Security in the Middle Eastern Context: A Case of Small Family Farms in Central Bekaa, Lebanon. *Food Security*, 13, 1029–1047. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01188-2>
- FAO., (2015). *Climate change and food security: risks and responses*.
- FAO., (2023). *Temperature Change Statistics 1961-2022*. <https://unfccc.int/process/parties-non-fir>
- Firdaus, R. B. R., Gunaratne, M. S., Rahmat, S. R., and Kamsi, N. S., (2019). Does Climate Change Only Affect Food Availability? What Else Matters? In *Cogent Food and Agriculture* (Vol. 5, Issue 1, pp. 1–18). Informa Healthcare. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1707607>
- Gebre, G. G., Amekawa, Y., Fikadu, A. A., and Rahut, D. B., (2023). Farmers' Use of Climate Change Adaptation Strategies and Their Impacts on Food Security in Kenya. *Climate Risk Management*, 40, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100495>
- Gitz, V., and Meybeck, A., (2016). Climate Change and Food security: Risks and Responses. In *Watch Letter n°37*. <http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>
- IPCC, T. I. P. on C. Change., (2007). *Climate change 2007: Impact, Adaptation And Vulnerability*. Cambridge University Press.
- Krishnamurthy, P. K., Lewis, K., and Choularton, R. J., (2012). *Climate Impacts on Food Security and Nutrition*.
- Mariara, J. K., and Mulwa, R., (2019). Adaptation to Climate Change and Climate Variability and Its Implications for Household Food Security in Kenya. *Food Security*, 11, 1289–1304. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00965-4>
- Massagony, A., Tam Ho, T., and Shimada, K., (2023). Climate Change Impact and Adaptation Policy Effectiveness on Rice Production in Indonesia. *International Journal of Environmental Studies*, 80(5), 1373–1390. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2099110>
- Matemilola, S., Fadeyi, O., and Sijuade, T., (2020). Paris Agreement. In *Encyclopedia of Sustainable Management*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02006-4_516-1
- Murniati, K., and Mutolib, A., (2020). The Impact of Climate Change on The Household Food Security of Up-land Rice Farmers in Sidomulyo, Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(8), 3487–3493. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210809>
- Murniati, K., Widjaya, S., Rabiatal, A., and Listiana, I., (2019). Climate Change Adaptation Strategy for Sustainability and Food Security of Cassava Farming Households in Lampung, Indonesia. *Journal of Agricultural Extension*, 23(2), 138–146. <https://doi.org/10.11226/v23i2>
- Ogundej, A. A., (2022). Adaptation to Climate Change and Impact on Smallholder Farmers' Food Security in South Africa. *Agriculture*, 12(589), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050589>
- Owino, V., Kumwenda, C., Ekesa, B., Parker, M. E., Ewoldt, L., Roos, N., Lee, W. T., and Tome, D., (2022). The Impact of Climate Change on Food Systems, Diet Quality, Nutrition, and Health Outcomes: A Narrative Review. *Frontiers in Climate*, 1–10.
- Rahman, M. S., Huang, W. C., Toiba, H., and Efani, A., (2022). Does Adaptation to Climate Change Promote Household Food security? Insights from Indonesian Fishermen. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 29(7), 611–624. <https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2063433>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., and Chatterjee, S., (2019). Climate Change Has Likely Already Affected Global Food Production. *PLOS ONE*, 14(5), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>

- Savari, M., and Zhooldideh, M., (2021). The Role of Climate Change Adaptation of Small-Scale Farmers on The Households Food Security Level in The West of Iran. *Development in Practice*, 31(5), 650–664. <https://doi.org/10.1080/09614524.2021.1911943>
- Speranza, C. Ifejika., (2010). *Resilient Adaptation to Climate Change in African Agriculture*. DIE, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Suranny, L. E., Gravitiani, E.,and Rahardjo, M., (2022). Impact of Climate Change on The Agriculture Sector and Its Adaptation Strategies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1016(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012038>
- WMO., (2023). *2023 Shatters Climate Records, with Major Impacts*.
- Ziervogel, G., and Ericksen, P. J., (2010). Adapting to Climate Change to Sustain Food Security. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* (Vol. 1, Issue 4, pp. 525–540). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/wcc.56>



The Effect of Different Orchard Ground Conditions on the Performance of a Mechanical Hazelnut Harvesting Machine

Farklı Bahçe Zemini Koşullarının Mekanik Etkili Fındık Toplama Makinasının Performansı Üzerine Etkisi

Hüseyin SAUK¹, Mehmet Arif BEYHAN²

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Samsun
· hsauk@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-5622-6170

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Samsun
· mabeyhan@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-4536-0865

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 26 Şubat/February 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 05 Mart/March 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 351-363

Atıf/Cite as: Sauk, H., Beyhan, M.A. "The Effect of Different Orchard Ground Conditions on the Performance of a Mechanical Hazelnut Harvesting Machine" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 351-363.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hüseyin SAUK

THE EFFECT OF DIFFERENT ORCHARD GROUND CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF A MECHANICAL HAZELNUT HARVESTING MACHINE

ABSTRACT

In this study, the values of harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity, kernel losses, and foreign material separation efficiency of hazelnut harvesting machine with mechanical harvesting unit were determined under different orchard ground conditions (ground preparation before harvesting (**OG1**) and without ground preparation (**OG2**)). Also, it was observed how these conditions affect the operation of the hazelnut harvesting machine. For this purpose, the harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity and kernel losses of the hazelnut harvesting machine in **OG1** and **OG2** plots at 265.50 kg ha⁻¹ orchard yield, 1600 mm working width and 1.60 m s⁻¹ working velocity in two different orchard grounds were 96.05%, 90.15%; 8.624 h ha⁻¹, 9.839 h ha⁻¹; 0.116 ha h⁻¹, 0.102 ha h⁻¹; 778.72 kg h⁻¹, 739.76 kg h⁻¹; 3.95%, 9.85%, respectively. The hazelnut harvesting machine with a mechanical harvesting unit can work independently from the ground conditions and we can say that it is an alternative to other hazelnut harvesting machines. The data obtained from the study will help the decision-making process for the best selection and use by providing the necessary technical information about the functional aspects of the machine. Complete mechanization of hazelnut harvesting will lead to a decrease in labor requirements, thus increasing product profitability through a decrease in production cost. The presence of machines with high-performance characteristics in hazelnut harvesting mechanization will shorten the time the product stays on the ground and increase the quality of the harvested product.

Keywords: Mechanical Harvesting, Orchard Ground Properties, Performance Characteristics.



FARKLI BAHÇE ZEMİNİ KOŞULLARININ MEKANİK ETKİLİ FINDIK TOPLAMA MAKİNASININ PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışmada, farklı bahçe zemini koşullarında (**OG1**; hasattan önce zemin hazırlığı yapılmış, **OG2**; hasattan önce zemin hazırlığı yapılmamış), mekanik toplama üniteli fındık toplama makinasının toplama etkinliği, alan iş başarısı, ürün iş başarısı, ürün kayıpları ve yabancı materyalleri ayırma etkinliği değerleri belir-

lenmiştir. Ayrıca, farklı bahçe zeminlerinin fındık toplama makinasının performansını nasıl etkilediği de gözlemlenmiştir. Bu amaçla, iki farklı bahçe zemininde, 265.50 kg da⁻¹ bahçe veriminde, 1600 mm iş genişliğinde ve 1.60 m s⁻¹ ilerleme hızında fındık toplama makinasının **OG1** ve **OG2** parsellerindeki toplama etkinliği, alan iş başarısı, ürün iş başarısı ve ürün kayıpları, sırasıyla, %96.05, %90.15; 8.624 h ha⁻¹, 9.839 h ha⁻¹; 0.116 ha h⁻¹, 0.102 ha h⁻¹; 778.72 kg h⁻¹, 739.76 kg h⁻¹; %3.95, %9.85 olarak tespit edilmiştir. Mekanik toplama üniteli fındık toplama makinası, zemin koşullarından bağımsız olarak çalışabilmekte ve diğer fındık toplama makinalarına karşı bir alternatif oluşturduğu söylenebilir. Çalışma sonucu elde edilen veriler, makinenin işlevsel yönleriyle ilgili gerekli teknik bilgileri sağlayarak en iyi seçim ve kullanım için karar verme sürecine yardımcı olacaktır. Fındık hasadının tamamen makineleşmesi, işgücü gereksiniminin azalmasına neden olacak böylece üretim maliyetinin düşmesi yoluyla ürün karlılığını da arttıracaktır. Performans karakteristikleri yüksek olan makinaların fındık hasat mekanizasyonunda var olması ürünün yerde kalma süresini kısaltacağından, hasat edilen ürün kalitesini de arttıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Mekanik Hasat, Bahçe Zemin Özellikleri, Performans Karakteristikleri.



1. INTRODUCTION

Turkey has 74.50% of the world's hazelnut planting areas with an area of approximately 700 thousand ha. The production amount of shelled hazelnuts is approximately 665 thousand tonnes and meets 76% of the world's hazelnut production. Hazelnut exports are approximately 500 thousand tonnes and 75% of the world's hazelnut exports (TÜİK, 2023). In addition, the fact that it concerns the livelihood of approximately 500 thousand producers in Turkey, provides raw materials to the agriculture-based industry, creates employment and added value in semi-finished, finished product production and trade stages, and is one of the most important export products reveals its importance in the country's economy (Bozdoğan, 1999; Aktaş et al., 2011).

The need for high labor requirements for harvesting operations is an important factor in determining the product cost (Tous et al., 1994; Beyhan and Yıldız, 1996). In addition to the slope problem, the fact that hazelnut areas are small and very fragmented makes mechanization applications difficult, increases the cost of production, and causes a decrease in the profit obtained from hazelnut by the producers (Serdar et al., 2017). İlkay (1986) determined that the manual harvesting of hazelnuts is 306 BİİGh ha⁻¹, this value constitutes 71% of the total working time for production and 55% of the production cost.

Hazelnuts and other hard-shelled fruits can be produced with different cultivation systems in different parts of the world. In our country, the hazelnut planting system is the brush planting system with branches in bush form. In the lowland villages of Terme and Çarşamba Districts of Samsun Province, 91% of the hazelnut areas have a brush planting system and the remaining 9% have a row planting system (Kılıç, 1997). However, new orchards are established with single-stemmed hazelnut trees, although the traditional cultivation system in the form of bushes is encountered in Italy, Spain, and the USA. Single-stemmed cultivation system has more advantages in cutting the bottom shoots, other cultural operations that can be done by machine, and especially in harvesting operations (Tous et al., 1994; Tomasone et al., 2009).

In some important hazelnut-producing countries such as the USA, Italy, France, and Spain, mechanical harvesting methods are applied to the extent that the land and planting technique allows. Hazelnut harvesting operations in these countries are carried out completely by machines. In terms of the working principles of the hazelnut harvesting machines in practice, machines with pneumatic and mechanical effects have been developed to harvest the hazelnuts from the orchard ground in one or two processes (Zoppello and Tempia, 1988; Ghiotti, 1989; Yıldız and Tekgüler, 2014).

Hazelnut, which has an important place in the agriculture of our country, is harvested manually, but recently, with the widespread use of hazelnut harvesting machines developed by local manufacturers, it is also mechanized. In Turkey, mechanized harvesting studies started with the trials of a hazelnut harvesting machine with a pneumatic harvesting unit designed and manufactured by Beyhan (1992). Then he continued his studies in this field by manufacturing the prototype of a hazelnut harvesting machine with a mechanically effective harvesting unit. Beyhan (1996) tested a hazelnut harvester consisting of a transmission hose, separator, unloader, aspirator, and storage unit under three different orchard yield conditions and determined the kernel productivity of the machine as $28.48 \text{ kg} \dot{\text{I}}\dot{\text{C}} \text{ h}^{-1}$, harvesting efficiency as 95.13% and field productivity as 0.396 da h^{-1} at an orchard yield of 226.8 kg da^{-1} . In the trials conducted, power consumption was high, labor productivity was low and the use of aspirated machines required two workers to manage the hoses and one person to drive the vehicle. It was also emphasized that in the harvesting of hazelnuts with this type of machine, it is necessary to prepare the ground to a great extent and there is a dust problem. For these reasons, harvesting machines with mechanical harvesting units have started to be developed to increase harvesting efficiency and labor productivity, minimize production losses, cover the largest possible area, reduce dust problems, obtain good results even in orchards with uneven ground, and reduce power requirements (Biondi et al., 1992; Ghiotti, 1989). Yıldız (2000), in orchard trials carried out with a prototype hazelnut harvesting machine with a tractor-operated mechanical harvesting unit suitable

for Turkish conditions (at an orchard yield of 225 kg da⁻¹, a working velocity of 3.2 km h⁻¹ and a harvesting system speed of 430 min⁻¹) found that the kernel productivity, harvesting efficiency and field productivity of the machine were 100.29 kg h⁻¹, 91.66% and 1-1.5 da h⁻¹, respectively. Again, Sauk (2016), in a study examined the possibilities of using hazelnut harvesting machines with pneumatic effective harvesting units and prototype manufactured hazelnut harvesting machines with mechanical effective harvesting units in the mechanical harvesting of hazelnuts grown in flat and near flat land conditions; reported that the harvesting efficiency and labor productivity of mechanical effective machines were higher than pneumatic effective machines.

Good garden ground preparation is required in working with hazelnut harvesting machines with pneumatic harvesting units. This type of machine will not perform well if the orchard ground is covered with foreign materials such as weeds, dry leaves, branch parts, and dry grass. In addition, the high dust emissions of hazelnut harvesters with pneumatic harvesting units cause environmental dust pollution in hazelnut orchards. This situation poses a great health hazard for workers, considering the widespread use of herbicides to control weeds. On the other hand, it can be said that hazelnut harvesting machines with mechanical collection units can easily harvest hazelnuts independently from the garden ground. In addition, environmental dust pollution will be low due to the low dust emissions of such machines (Fanigliulo and Tomasone, 2009; Sauk, 2016).

Considering these problems, the prototype hazelnut harvesting machine with a mechanical harvesting unit can operate independently of soil conditions and is an alternative to other hazelnut harvesting machines. For this purpose, it is aimed to reveal how the hazelnut harvesting machine with a mechanical harvesting unit affects the performance characteristics (harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity, kernel losses, and foreign material separation efficiency) on orchard grounds with different soil management (orchard ground with ground preparation before harvesting and orchard ground without ground preparation). Also, it will help the decision-making process for the best selection and utilization by providing the necessary technical information on the functional aspects of the machine. The complete mechanization of hazelnut harvesting will lead to a reduction in labor requirements, thus increasing product profitability through a reduction in production cost. The presence of machines with high-performance characteristics in hazelnut harvesting mechanization will shorten the time the product stays on the ground and increase the quality of the harvested product.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Material

2.1.1. Hazelnut Orchard Features

The experiments were carried out in a farmer's orchard in Çarşamba District of Samsun Province. The characteristics of the hazelnut orchard are given in Table 1.

Table 1. Characteristics of hazelnut orchard

Çizelge 1. Fındık bahçesinin özellikleri

Parameters	Average values
Orchard age (years)	16
Planting system	Brush ("ocak" in Turkish)
Hazelnut variety	Yomra
Distance between row (m)	4.55
Distance over row (m)	4.65
Branch angle (°)	58
Number of main branches on the brush (number)	23
Brush size (m)	0.55x0.62

2.1.2. Hazelnut Harvesting Machine used in the Trials

Hazelnut harvesting machine with mechanical effective harvesting units consists of 4 main units: sweeper unit, harvesting unit, cleaning unit, and discharge unit. The machine is a 3200 mm long, 1600 mm high, 1200 mm wide, 3-wheeled self-propelled hazelnut harvesting machine. The machine is driven by a Rato 68306 type petrol engine with an engine speed of 1800 min⁻¹, a cylinder volume of 420 cc, and an engine power of 12 BG. The hazelnut harvesting machine was operated at a working velocity of 1.60 m s⁻¹.

2.1.3. Devices used in the Experiments

Precisa model digital balance with a capacity of 6100 g and a precision of 0.01 g was used to determine the weights of the plant materials. Time measurements were made using a digital display stopwatch with 0.1 s precision.

2.2. Methods

2.2.1. Experimental Design

To determine the performance characteristics of the hazelnut harvesting machine under different orchard ground conditions (distance over row 4.65 m), experimental plots of approximately 148.80 m² (1.60x93 m) were formed with each plot containing 20 brushes. The harvesting trials were carried out with three replicates according to the randomized plot design under the conditions of 265.50 kg da⁻¹ orchard yield as milling dry hazelnuts with 10% moisture content, which were naturally poured between the rows of the brush. To determine the orchard yield, hazelnuts in 5 randomly selected brushes were harvested and orchard yield per decare was determined.

For the study, since the soil management of the plots differed, the orchard ground that was prepared before harvesting was named **OG1** (figure 1), and the orchard ground that was not prepared before harvesting was named **OG2** (figure 2). In **OG1** experimental plots, herbicide was applied for weed control to obtain a clean orchard ground before the harvest period, weeds on the ground were mown using a motorized scythe, and branch parts were removed from the plots with a rake. During the trials, weed height in **OG1** plots varied between 40-50 mm. In **OG2** experimental plots, no herbicide application was made for weed control, and foreign materials such as dry leaves, dry grass, and branch parts were left in the plots as they were and no ground preparation was made. In addition, thorny bushes and ivy were found between the rows in **OG2** plots. During the trials, the weed height in **OG2** plots varied between 150-250 mm. After the hazelnuts started to fall on the orchard ground, no intervention was made to the trial plots. Only the large pieces of branches that would damage the cleaning unit of the machine were removed manually from both plots.



Figure 1. General view from plot **OG1**.

Şekil 1. **OG1** parselinden genel bir görünüş.



Figure 2. General view from plot **OG2**.

Şekil 2. **OG2** parselinden genel bir görünüş.

2.2.2. Determination of Harvesting Efficiency

Hazelnuts in the experimental plots were harvested with a hazelnut harvesting machine. Then, the foreign materials (soil, grass, branch parts, leaves, etc.) harvested by the machine together with the hazelnuts were removed and the harvested hazelnuts were weighed. The harvesting efficiency of the machine was calculated by proportioning the weight of the kernel + husked harvested in the unit area to the weight of the kernel + husked in the plot. The harvesting efficiency of the hazelnut harvesting machine was calculated as a percentage (%).

2.2.3. Determination of Labor Requirement and Field Productivity

In the trials carried out under two different orchard ground conditions (265.50 kg da⁻¹ in orchard yield, 1600 mm work width, 1.60 m s⁻¹ working velocity, and only between row harvesting) with brush type planting system, the values obtained to determine the labor requirement and field productivity of the machine were evaluated according to the standard plot measuring 66.67x150 m (1 ha) (Caran, 1994). The labor requirement of the hazelnut harvesting machine was calculated in terms of h ha⁻¹ and the field productivity was calculated in terms of ha h⁻¹.

To determine the field productivity of the hazelnut harvesting machine, the basic time (BT, (h ha⁻¹)) and auxiliary times (AT, (h ha⁻¹)) (transition time (TT), preparation time (PT), supply and replenishment time (SRT), break time (BT) and rotation time (RT)) were measured for each process with a stopwatch. To determine work efficiency in the orchard, effective working time (EWT) was noted. To determine EWT, first basic time (BT) and auxiliary time (AT) were added to calculate principal time (PT) (Yıldız, 2016).

$$PT = BT + AT \text{ (h ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Effective working time (EWT) was calculated from the following equation.

$$EWT = PT + UTL \text{ (h ha}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Unavoidable time loss (UTL) was determined as a percentage of the principal time obtained by adding basic and auxiliary time.

$$UTL = (P / 100) \times PT \quad (3)$$

Here, P is a multiplication factor showing variations according to the hazelnut harvesting machine used and labor power. In this study, for labor power P was 1, while for machine power P was 6.

The utilization coefficient (UC) was calculated from the following equation using total time.

$$UC = (BT / EWT) \times 100 \text{ (\%)} \quad (4)$$

The working efficiency per unit area (WPA) in the study with the hazelnut harvesting machine was determined with the following equation, linked to the EWT.

$$WPA = (1 / EWT) \text{ (ha h}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

2.2.4. Determining Kernel Productivity

To determine the kernel productivity, kernel + husked with hazelnut husks were harvested with a hazelnut harvesting machine under the condition of 265.50 kg ha⁻¹ orchard yield, taking into account the natural shedding conditions in the experimental plots. The kernel productivity of the machine was determined in kg h⁻¹ at 10% moisture content with the help of the following equation. To determine the kernel productivity of the machine (KP), the kernel harvested per unit time (KH) was divided by harvesting time (t) (Yıldız, 2000).

$$KP = KH / t \text{ (kg h}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

2.2.5. Determination of Product Losses

Product losses were analyzed under two main groups hazelnuts that could not be harvested in each parcel swept by the machine and hazelnuts that fell back to the orchard ground while passing through the machine. In each parcel, the weight

of hazelnuts that could not be harvested in the area swept by the machine and the weight of hazelnuts that fell back to the orchard ground while passing through the machine were determined by proportioning to the total hazelnut weight. To detect the hazelnut kernels falling while passing through the machine, a cover was tied under the screw conveyor and oscillating sieves of the machine. Product losses of the hazelnut harvesting machine were calculated as a percentage (%).

2.2.6. Determination of Damaged Hazelnut Rate

It was determined by proportioning the number of hazelnuts with partially broken shells or kernels to the total number of kernels taken per unit time from all exit channels of the machine. The damaged hazelnut ratio of the hazelnut harvesting machine was calculated as a percentage (%).

2.2.7. Determination of the Efficiency of Separation of Foreign Materials

In each plot, dust, soil, branch parts, husked parts, leaf parts, and weeds in the hazelnuts harvested by the machine were separated and weighed separately. The weight of each element constituting the foreign materials was determined by proportion to the total amount of material. All discarded material was collected by tying a cover under the screw conveyor and oscillating sieves of the hazelnut harvesting machine. The efficiency of the hazelnut harvesting machine in separating foreign materials was calculated as a percentage (%).

3. RESULTS AND DISCUSSION

As a result of the experiments, it was determined how different orchard ground conditions affected the performance characteristics (harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity, product losses, and foreign material separation efficiency) of the hazelnut harvester with a mechanical harvesting unit. Harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity and product losses obtained as a result of the harvesting trials carried out with a hazelnut harvesting machine with a mechanical harvesting unit under two different orchard ground conditions are given in Table 2.

Tablo 2. Performance values of hazelnut harvesting machine (average).**Çizelge 2.** Fındık toplama makinasının performans değerleri (ortalama).

Parameter	Performance values (average)	
	OG1	OG2
Working width, (mm)	1600	1600
Harvesting unit width, (mm)	1200	1200
Working velocity, (m s ⁻¹)	1.60	1.60
Harvesting efficiency, (%)	96.05	90.15
Labor equipment, (h ha ⁻¹)	8.624	9.839
Field productivity, (ha h ⁻¹)	0.116	0.102
Kernel productivity, (kg h ⁻¹)	778.72	739.76
The machine could not be harvested in the swept area, (%)	1.79	7.64
Hazelnuts are damaged as they pass through the machine, (%)	2.16	2.21

As can be seen from Table 2, the harvesting efficiency, field productivity, kernel productivity and product losses of the hazelnut harvesting machine with 1600 mm working width and 1.60 m s⁻¹ working velocity in OG1 and OG2 plots were determined as 96.05%, 90.15%; 8.624 h ha⁻¹, 9.839 h ha⁻¹; 0.116 ha h⁻¹, 0.102 ha h⁻¹; 778.72 kg h⁻¹, 739.76 kg h⁻¹; 3.95%, 9.85%, respectively.

Again, as can be seen from Table 2, while the labor requirement of the hazelnut harvesting machine in plot **OG2** increased, it decreased in the field productivity and kernel productivity values. It can be said that the change in the labor requirement and field productivity values of the machine is due to the increase in the sack changing time due to the entry of foreign materials into the sack in the **OG2** plot. The kernel productivity is due to the hazelnuts that the machine could not harvest in the area swept by the machine depending on the orchard ground. The total product loss of the hazelnut harvesting machine in plots **OG1** and **OG2** was determined as 3.95% and 9.85%, respectively. These losses are either due to the hazelnuts that the sweeper could not sweep in front of the total unit of the machine or due to damage while passing through the machine. Especially in plot **OG2**, foreign materials such as weeds, dry leaves, and branch parts, affected the sweeping of kernel + husked hazelnut in front of the harvesting unit. As a reason for this, it was observed that most of the product loss was caused by weed and branch parts. Most of these losses were caused by hazelnut kernels found in the soil crevices and weed bottoms. Despite all these, the harvesting efficiency and hourly capacity of the hazelnut picker in plot **OG2** were found to be quite high. It has been observed that the hazelnut harvesting machine with a mechanical harvesting unit works very easily and does not have any problems even in orchards where there is no preliminary preparation for harvesting.

It was observed that the hazelnuts damaged while passing through the machine were in the form of kernel and shell cracking. While some of the damaged hazelnuts were poured from the lower auger to the area swept by the machine, a large part of them were conveyed into the sack in the form of kernel and shell cracks. It was determined that the hazelnuts that the machine could not harvest in the area swept by the machine consisted of hazelnuts escaping from both sides of the chain-finger harvesting system and hazelnuts falling from the lower auger of the machine as kernels and damaged hazelnuts. It can be said that these losses can be easily corrected after the design operations on the machine.

The distribution ratios of the foreign materials harvested by the machine and placed in the sack are given in Table 3. During the harvesting trials, it was determined that the weed-covered surface area of the **OG2** plot was approximately 86%, and the hazelnuts harvested from the **OG1** and **OG2** plots consisted of approximately 0.98% rotten and empty hazelnuts.

Table 3. Distribution of foreign materials harvested by the machine and placed in the sack.

Çizelge 3. Makine tarafından toplanan ve çuval içerisine gelen yabancı maddelerin dağılımı.

Foreign materials harvested by the machine	Rate, (%)	
	OG1	OG2
Soil	51.17	39.04
Dry leaf	23.91	28.46
Branch part	7.03	20.75
Husk parts	8.46	9.09
Coarse powder	5.79	7.46
Dry grass	1.09	2.67
Empty hazelnuts and shells	2.55	1.53

As can be seen from Table 3, most of the foreign materials collected from the **OG1** plot consisted of soil particles with 51.17%. It can be said that this is due to the direct contact of the sweeper and collection chains with the soil and as a result of this, the soil particles are taken into the machine. Especially soil particles larger than 20 mm diameter pass through the cleaning unit and enter into the sack. Since the surface of the **OG2** plot was covered with weeds, the sweeper and collection chains did not come into direct contact with the soil, and the rate of soil particles taken into the machine remained low. In plot **OG2**, most of the collected foreign materials (88.25%) consisted of branch parts, soil, and dry leaves.

4. CONCLUSION

The hazelnut harvester with mechanical harvesting unit has shown that it can harvest the product in the best way in a single pass both on the orchard ground with ground preparation before harvesting and on the orchard ground without ground preparation. As a result of the harvesting trials, it was determined that the hazelnut harvesting machine with mechanical harvesting unit can easily harvest 1 ha area considering the daily working time (10 hours/day) in both orchard ground conditions. Designing the sweeping unit, which sweeps the hazelnuts on the orchard ground in front of the collection unit of the machine and turns them into a windrow, in the form of brush-type sweepers can increase the sweeping efficiency of the sweepers. Thus, there may be an increase in the harvesting efficiency of the machine. In addition, it can be said that the kernel+ husked hazelnuts remaining in the weed bottoms and soil crevices will be mobilized from where they are located with this type of brush sweeper and swept into the area of influence of the machine's collection chains, thus reducing product losses from these areas. Having a grassy orchard ground will not only increase the efficiency of the machine but also reduce the rate of soil particles on the ground entering the machine. Thus, a cleaner harvested product will be obtained and the rate of soil going into the sack will also be reduced.

It can be said that due to the amount of foreign material coming into the sack due to the soil characteristics in the **OG2** plot, more foreign material will enter into the hazelnut husker machine during the threshing of hazelnuts, which may cause a change in the performance of the hazelnut husker machine.

As a result, it was determined that the performance values of the mechanically effective hazelnut harvesting machine were quite high in both orchard ground conditions and that it could work very comfortably even in these conditions and did not have any problems. The development of such machines suitable for our orchard conditions will reduce the cost of hazelnut production as well as reduce the harvesting costs. Thus, to minimize the need for an intensive labor force and harvesting costs, it is important to develop and put into practice systems and machines suitable for the conditions of our country to be more effective in international markets.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: HS(60%), MAB(40%)

Data Acquisition: HS(50%), MAB(50%)

Data Analysis: HS(70%), MAB(30%)

Writing Up: HS(75%), MAB(25%)

Submission and Revision: HS(85%), MAB(15%)

REFERENCES

- Aktaş, A. R., Öztürk, E., Hatırlı, S. A., 2011. Analysis of profit inefficiencies in Turkish hazelnut agriculture. *Tarım Bilimleri Dergisi*, vol.17, no.3, ss. 230-240. https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000001174
- Biondi, P., Monarca, D., Zoppello, G., 1992. La meccanizzazione della coltura del nocciolo. *Estratto da Macchine & Motori Agricoli-il Trattorista*, v. 50(4), p.29-48, ISSN 0024-8967
- Beyhan, M. A., Yıldız, T., 1996. Fındık ve diğer sert kabuklu meyvelerde uygulanan mekanik hasat yöntemleri. *Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu*, Samsun.
- Beyhan, M. A., 1992. Ülkemiz koşullarına uygun aspiratörlü bir fındık hasat makinasının tasarımı ve imalatı. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Beyhan, M. A., 1996. Fındığın mekanik hasadında eksenrik tipli dal silkeleyicinin kullanılabilme olanağının belirlenmesi. *Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu*, Samsun.
- Bozoğlu, M., 1999. Türkiye’de fındık piyasalarını geliştirmeye yönelik alternatif politikalar üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Caran, D., 1994. Zeytinde mekanik hasat olanaklarının araştırılması. *Doktora Tezi*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Fanigliulo, R., Tomasone, R., 2009. Operative performance and work quality of a hazelnut pick-up machine. *ISHS Acta Horticulture 845: VII International Congress on Hazelnut*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.845.66>
- Ghiotti, G., 1989. *Macchina Semovente per la Raccattatura delle Nocciolo*. Estratto dalla Rivista di Ingegneria, Anno XX-n.3:174-183.
- İlkyaz, H., 1986. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde çay ve fındığın üretim girdi ve maliyetleri. T.O.K.B. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:38, Samsun.
- Kılıç, O., 1997. Samsun İli Çarşamba ve Terme İlçelerinin ova köylerinde fındık üretimine yer veren tarım işletmelerinin ekonomik analizi ve fındığa alternatif üretim planlarının araştırılması. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sauk, H., 2016. Türkiye’de düz ve düze yakın arazilerde yetiştirilen fındığın mekanik hasat olanaklarının incelenmesi. *Doktora Tezi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Serdar, Ü., Gülser, C., Akyüz, B., Balta, A., 2017. Azotlu çözeltili ile dip sürgünü temizliğinin fındıkta verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3), 279-283. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.306199>
- Tous, J., Girona, J., Tasiaş, J., 1994. Cultural practices and costs in hazelnut production. III. International Congress on Hazelnut, Alba, Italy, Acta Horticulture, Number 351, p. 395-418. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.351.44>
- Tomasone, R., Colorio, G., Cedrola, C., Pagano, M., 2009. Mechanical and physical control of hazelnut suckers. VII International Congress on Hazelnut, Viterbo, Italy, 23-27 June 2008, Acta Horticulturae, 845:407-412.
- TÜİK, 2023. Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori>. [Erişim tarihi: 12 Aralık 2023].
- Zoppello, G., Tempia, D. P., 1988. Considerazioni su una nuova macchina per la raccolta delle nocciolo. *L’Informatore Agrario*, XLIV (9), Verona: 105-114.
- Yıldız, T., Tekgüler, A., 2014. The effects of different maturity times of fruit ripening and limb connection heights on the percentages of fruit removal in mechanical harvesting of hazelnut (cv. Yomra). *Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Sciences*, 20: 38-47.
- Yıldız, T., 2016. Labor requirements and work efficiencies of hazelnut harvesting using traditional and mechanical pick-up methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 40: No. 3, Article 1. <https://doi.org/10.3906/tar-1508-114>
- Yıldız, T., 2000. Traktörle çalıştırılabilir mekanik- yerden toplama üniteli bir fındık hasat makinasının tasarımı. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



Development of Rule-Based Expert System for Variable Cost and Gross Profit Calculations of Agricultural Products: A Case Study

Tarım Ürünlerinde Maliyet ve Brüt Kar
Hesaplamalarına Yönelik Kural Tabanlı Uzman
Sistemin Geliştirilmesi: Bir Vaka Çalışması

Oğuz ŞAHİN¹, Fatih TOPALOĞLU²

¹Apricot Research Institute Directorate, Malatya
· karaoguz_44@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-6698-9072

²Malatya Turgut Özal University, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Natural
Sciences, Malatya
· fatih.topaloglu@ozal.edu.tr · ORCID > 0000-0002-2089-5214

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 31 Aralık/December 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Mart/March 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 365-379

Atıf/Cite as: Şahin, O. Topaloğlu, F. "Development of Rule-Based Expert System for Variable Cost and Gross Profit Calculations of Agricultural Products: A Case Study" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 365-379.

Yazar Notu/ Author Note: "Summarized from the master's thesis."

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatih TOPALOĞLU

DEVELOPMENT OF RULE-BASED EXPERT SYSTEM FOR VARIABLE COST AND GROSS PROFIT CALCULATIONS OF AGRICULTURAL PRODUCTS: A CASE STUDY

ABSTRACT

Cost and gross profit calculations of agricultural products are a comprehensive and difficult process. Many different parameters, such as soil cultivation, pruning, spraying, irrigation, storage, drying, harvesting, transportation, and marketing, need to be evaluated together. Currently, cost calculations of agricultural products are made with classical programs and simple mathematical methods. For this reason, the results vary depending on the person and organization making the evaluation. This creates some limitations, making cost planning, which is a dynamic process, unreliable. In the study, a rule-based expert system was developed for the cost and gross profit calculation of apricots. The expert system developed is called Apricot Information System (APRIS). The developed expert system aims to provide more accurate solutions by adding the precision and speed of the computer to the calculation process. The main contribution of this study is the development of a complete decision support set covering all processes from tillage to marketing and the design of rule-based user-system interaction. The designed system found the apricot variable cost calculation to be 1126.36 TL/da for 2020. This value largely overlaps with the values obtained from the field in the previous year. The developed expert system will be a platform that can be used in cost calculations of many agricultural products.

Keywords: Expert System, Apricot Information System, Cost Calculation, Gross Profit Calculation.



TARIM ÜRÜNLERİNDE DEĞİŞKEN MALİYET VE BRÜT KAR HESAPLAMALARINA YÖNELİK KURAL TABANLI UZMAN SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ: BİR ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ

ÖZ

Tarım ürünlerinin maliyet ve brüt kar hesaplamaları kapsamlı ve zor bir süreçtir. Toprağın işlenmesi, budama, ilaçlama, sulama, depolama, kurutma, hasat, nakliye ve pazarlama gibi birçok farklı parametrenin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Günümüzde tarım ürünlerinin maliyet hesaplamaları klasik programlar ve basit matematiksel yöntemlerle yapılmaktadır. Bu nedenle sonuçlar değerlendirmeyi yapan kişi ve kuruluşa göre farklılık göstermektedir. Bu durum bazı

sınırlamalar yaratarak dinamik bir süreç olan maliyet planlamasını güvenilir hale getirir. Çalışmada kayısının maliyet ve brüt kâr hesaplaması için kural tabanlı bir uzman sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen uzman sisteme Kayısı Bilgi Sistemi (APRIS) adı verilmektedir. Geliştirilen uzman sistem, hesaplama sürecine bilgisayarın hassasiyetini ve hızını da ekleyerek daha doğru çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın temel katkısı, toprak işlemeden pazarlamaya kadar tüm süreçleri kapsayan eksiksiz bir karar destek setinin geliştirilmesi ve kural tabanlı kullanıcı-sistem etkileşiminin tasarlanmasıdır. Tasarlanan sistemde kayısı maliyeti 2020 yılı için 126,36 TL/da olarak bulunmuştur. Bu değer geçen yıl sahadan elde edilen değerlerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Geliştirilen uzman sistem birçok tarım ürününün maliyet hesaplamalarında kullanılacak bir platform olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uzman Sistem, Kayısı Bilgi Sistemi, Maliyet Hesabı, Brüt Kar Hesabı.



1. INTRODUCTION

Crop yield and cost estimation in the agricultural sector is a fundamental task for decision-makers at national and regional levels (e.g., EU level) for rapid decision-making (Klompenburg et al., 2020). Internet of Things, Big Data, Artificial Intelligence, Expert System, Cloud Computing, Remote Sensing, Machine Learning, etc. Using technologies such as this OR the use of technologies can) can significantly increase the efficiency of agricultural activities (Zhai, 2020). The difference between the expert system and other techniques is that it uses the defined information at hand, not algorithmic models.

Expert systems, an artificial intelligence technique, have a wide range of uses in many areas of computer technology. In other words, expert systems are used for every field where information is actively used.

Agricultural production is rapidly changing towards smart agricultural systems, driven by the fast pace of technological developments (Janssen et al., 2017; Tzounis et al., 2017; Kamilaris and Prenafeta-Boldú, 2018; Zhai, 2020; Verdouw et al., 2021). Expert systems hold promise for bringing smart farming to new levels of farming productivity and sustainability. Because in such systems, knowledge is transferred from real-life expertise, appropriately represented, and organized in a knowledge base (Mostafa et al., 2022). However, there are likely to be broader impacts resulting from the digitalization of agricultural innovation systems (Fielke et al., 2020). Agricultural knowledge and expert systems are important components of agricultural innovation systems. The proposed benefits of expert systems in agricultural applications focus on increased efficiency through precision mec-

hanization, automation, and improved decision-making. However, emerging AI in agricultural applications is also likely to create solutions for agricultural stakeholders as it learns to grasp new ways of working.

When we look at agricultural studies on expert systems that have applications in many different fields, (Musleh and Abu Naser, 2000) developed an expert system to ensure accurate diagnosis and treatment of potato disease. The expert system proposed for potato disease has diagnosed 11 potato diseases. (Üstün and Baytorun, 2003) have developed an expert system that determines the live and fixed loads on the greenhouse for people who want to build a greenhouse, and minimizes material loss for display elements of different sizes used in the truss system. (Shahzadi et al., 2016) developed an expert system integrated with IoT technology that predicts irrigation and disease damages in cotton products and guides farmers. (Çaylı and Temizkan, 2018) developed an expert system to determine the effect of cover material and heat-saving measures on the heating load in greenhouses for the Kahramanmaraş region. (HeiB et al., 2021) have designed a fuzzy expert system that evaluates the environmental damage associated with variable nitrogen rates in the fertilization used by farmers.

According to the Food and Agricultural Organization (FAO) data, apricots, which are produced in a wide area around the world, were produced in 562,475 hectares of land worldwide in 2020. Turkey is the world's highest apricot production area, with a rate of 23.60% and a production area of 132,748 hectares. According to the data of the International Hazelnut and Dried Fruit Council (INC), when dried apricot-producing countries are examined, Turkey ranks first in the world dried apricot production with a share of 57.34%, while Malatya province produces 85-90% of Turkey's dried apricot production. It is the dominant sector that keeps the provincial economy alive due to the high production values it provides.

In the study, it was aimed to design the apricot information system with the rule-based expert system technique and thus calculate the cost and gross profit. The developed software is a rule-based, modular, fast-reporting, dynamic, and up-to-date platform that is free from incorrect and missing data problems. This article aims to increase clarity regarding potential impacts on apricot production systems, institutional norms and governance, considering interactions between technological developments and existing stakeholders.

The main contributions of this study can be summarized as follows;

1. Development of a user-system interactive APRIS expert system for apricot cost calculation and production planning.

2. Development of a complete decision support set covering all processes from tillage to marketing.
3. Creating a digital database where all data related to apricots are stored.

The organization of this study is as follows: Section 2 presents the material and method for the rule-based expert system. Section 3 describes the proposed APRIS approach and design, and Section 4 concludes the work.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Data Set and Study Region

In the model, supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM) and carried out at the Apricot Research Institute (KAEM), Data obtained from the field were used with the project named 'Determination of Dried Apricot Production and Marketing Efficiency in Malatya Province' with project number TAGEM / TEPAD / A / 20 / A8 / P1 / 5015. These data were obtained through a face-to-face survey with 15 farmers in 2020. Land data was entered into the system by classifying it as 5 large (40 da and above), 5 medium (20-40 da) and 5 small (1-20 da).

For software, the software development platform Microsoft Visual Studio, software language .net framework MVC, C#, database, MSSQL for graphic design, and Photoshop and Illustrator were used.

2.2. Expert System

Artificial intelligence is using computers to perform human characteristics such as acquiring information, thinking, making decisions, benefiting from past experiences, and establishing cause and effect relationships. Expert systems are one of the sub-branches that make up artificial intelligence (Babalik, 2000). The knowledge engineering part of artificial intelligence includes expert systems (Gutierrez and Branch, 2011). Therefore, it is also known as decision support systems or information application systems. They are well suited to problems that require experience, knowledge, judgment, and a complex, interactive process to arrive at a workable solution (Winstanley and Courvalin, 2011). Because in such systems, knowledge is transferred from real-life expertise, represented, and appropriately organized in a knowledge base (Mostafa et al., 2022). Although expert systems have different design methods, the method of the rule-based expert system used in the article is shown in Figure 1 (Negnevitsky, 2005).

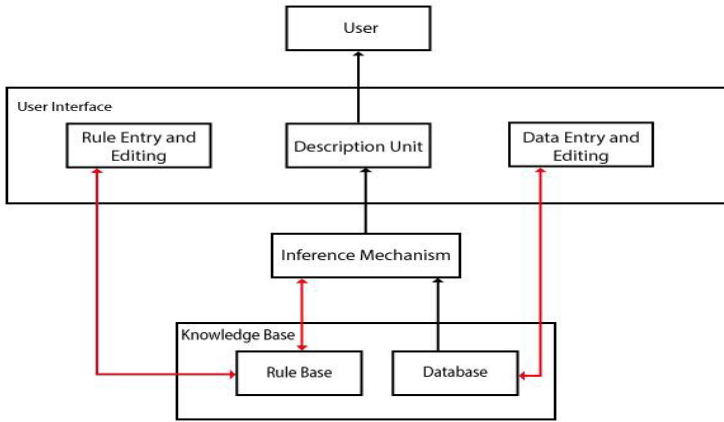


Figure 1. Rule-based expert system diagram

The rule-based expert system method consists of 5 main elements. These are the database, rule base, explanation unit, logical inference engine, and user interface (Negnevitsky, 2005).

The Rule Base consists of expressions and rules that define the work on the subject of the problem, showing the knowledge of the expert. The knowledge base is prepared by working together with an expert in one or more fields and a knowledge engineer. The knowledge engineer creates a knowledge base of the knowledge and experience of the expert who will be consulted in solving the identified problem. The information in the knowledge base is expressed with rules in the form of IF...THEN (Çetinyokuş et al., 2010).

Database is the area where the data forming the IF (condition) section of the rules in the form of IF...THEN the knowledge base is kept (Negnevitsky, 2005). Databases occupy more space in the system by holding all kinds of data and creating the memory of the expert on the subject. The knowledge base works towards solving the problem by using the query and reasoning features of the data in the database.

Logical Inference Engine is a piece of code coded by the knowledge engineer that covers the core of the expert system structure, which operates the system on the lowest level information, makes inferences by looking at the data it accesses through the database and knowledge base, and provides solutions to defined problems (Golanski and Madrzycki, 2015).

User Interface enables two-way communication between the user and the expert system (Angeli, 2010). It is also thought that the expert system facilitates the use of users, developers, and administrators (Abraham, 2005).

2.3. Apricot Production and Cost Elements

Although there are more than 1750 apricot varieties and hybrids in the world today, the number of apricot varieties grown economically in each country does not exceed 5-10 (Demirtaş et al., 2011). Apricot cultivation is carried out by following a series of processes, as in the production of other agricultural products. The process begins with soil cultivation and continues with harvesting and post-harvest operations. Apricot production and marketing stages are shown in Figure 2.



Figure 2. Apricot production and marketing stages

The economic problem of an agricultural enterprise can be summarized as the problem of achieving a certain goal under certain technology, market, and resource constraints. It is possible to express the long-term economic problem of a business that produces in input and output markets where perfect competition conditions prevail and whose aim is profit maximization (in cases where the production technology is fixed but all production inputs are variable), with the following solution:

$$\text{Maximum } K = PQQ - PXX \tag{1}$$

$$\text{Restrictions } Q = f(X) \rightarrow \begin{matrix} \nearrow X^n \rightarrow P_x X^n \\ \searrow Q^n \rightarrow P_Q Q^n \nearrow K \end{matrix} \quad PX, PQ \tag{2}$$

$$PQ = (pq1, pq2, \dots, pqn) \tag{3}$$

$$Q = (q1, q2, \dots, qn) \tag{4}$$

$$Px = (px1, px2, \dots, pxm) \tag{5}$$

$$X = (x1, x2, \dots, xm) \tag{6}$$

In the equation, K: Snow amount; Q: Production quantities vector; X: Input usage vector; f: Production functions or technology matrix; Px: Input prices vector; PQ: Output prices vector; *: Denotes optimum values.

The fact that some of the inputs of the business are limited or fixed in the short term and that perfect competition conditions do not apply in the input or output markets does not change the basic structure of the algebraic expression above but makes it more complex. In the short term, resource constraints such as $xI=kI$ or $xI < k$ should be added to the constraints, and if prices can be affected by business production, relevant factor, and product demand functions should be substituted instead of fixed input and output prices.

The cost elements used in the study are defined in two classes, depending on their variable or fixed character, and are shown in Table 1.

Table 1. Fixed and variable costs in production (Aslan, 2013).

Variable Costs	Fixed Costs
Seed, Seedling	Fixed Capital Interest (Machine, building, etc.)
Fertilizer, Lime etc.	Depreciation of Fixed Capital (Machine, building, etc.)
Agricultural Control Medicine	Insurance
Fuel, oil, repair-maintenance	Tax (Except income tax)
Variable costs of the machine such as	
Temporary Worker Wage	Land Rent
Machine Rent	Permanent Labor Wages
Irrigation Fee	
Product Insurance	
Marketing Expenses	
Interest on Variable Costs (Revolving Fund Interest)	
Payments for Lump Sum Works	

3. PROPOSED METHOD AND DESIGNED SOFTWARE

The block diagram of the APRIS expert system is shown in Figure 3(a). It is designed to identify the problem and determine the requirements, analyze the system needs and functions in detail, create the database and knowledge base, perform coding for logical inference, interface design, test it with data obtained from the field, and solve the problem.

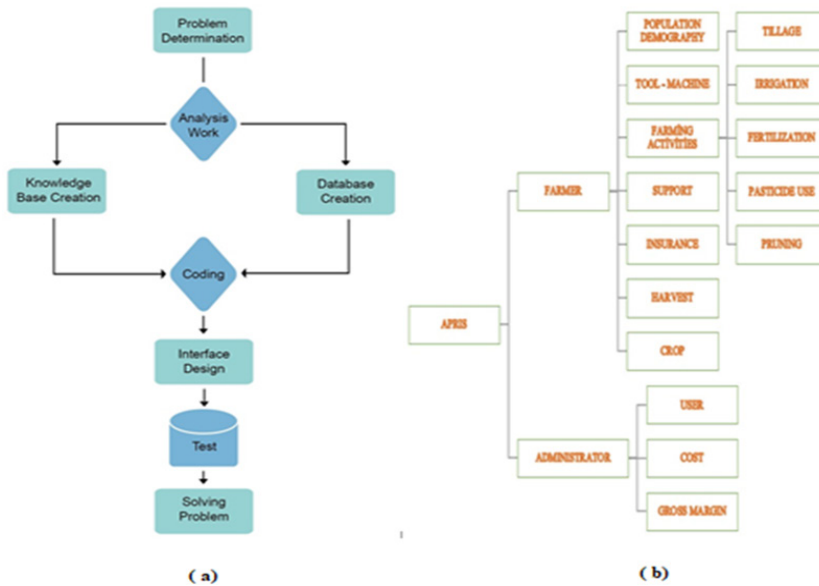


Figure 3. (a) Block diagram of the expert system, (b) APRIS modular structure

The defined problem is real-time analysis of apricot data for agricultural enterprises and farmers, making cost and gross profit calculations and planning production with the obtained digital data. A modular structure was planned to solve the problem at hand, and the requirements needed for each module were designed as seen in Figure 3(b). For the APRIS system, the Interface design stages are presented in Section 3.1, the design of the Information base and the created rules and database design are presented in Section 3.2, and the Data Analysis and Cost and Gross Profit Calculation are presented in Section 3.3.

3.1. APRIS Interface Design

In the developed system, the user interface allows the application to communicate with the user. If the user needs to control the developed knowledge base, he

can add or remove new rules, run the rules in the knowledge base, and solve the problems with the results obtained by the logical inference engine. It also makes it easier for users, developers, and administrators to use.

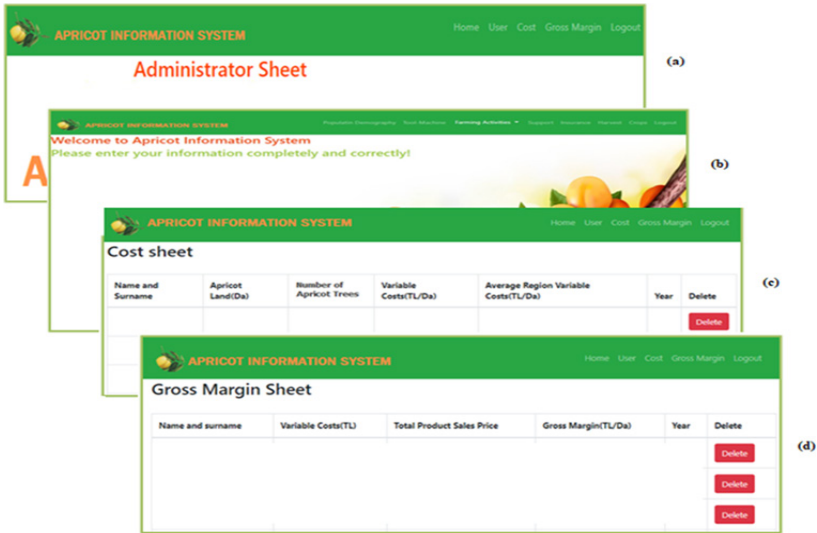


Figure 4. Data input interfaces of modules.

In the interface design, the Admin Module interface containing User, Cost, Gross Profit modules for Administrators and Developers in Figure 4(a), Figure 4(b) shows the User Module interface that enables enterprises or farmers to perform Population Demography, Tools - Machinery, Maintenance Operations, Support, Insurance, Harvest and Product user transactions, and Figure 4(c) shows Cost and Gross Profit Calculation, which is the subject of the study. The Cost Calculation Module interface, where the transactions take place, and the Gross Profit Calculation Module interfaces are designed in Figure 4(d). The design focused especially on making APRIS software easy to use and accessible for, who are its most important stakeholders. In this way, practical and fast access to information, efficiency, and complex tasks are ensured by avoiding designs that would tire the user and cause a loss of time.

3.2. APRIS Knowledge Base Design

Expert systems aim to accumulate the knowledge and experience of experts in a field in order to solve the problem in a real and fastest way. This collected information forms the knowledge base. APRIS knowledge base was prepared in line with the information obtained from KAEM staff and academicians of MTU

Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics. APRIS knowledge base consists of 180 rules. Rule examples are prepared in Table 2, and the pseudo-code block representing these rules is presented in Table 3.

Table 2. APRIS knowledge base sample rules.

Rules created according to the IF...THEN.....ELSE structure	
Rule 1	Rule 2
If irrigation is done;	If irrigation is done;
And if the irrigation type is drilling,	And if the irrigation type is drilling,
And if the irrigation number is less than 6,	And if the watering time is less than 6 hours,
Then the irrigation frequency should be 6.	Then watering should be done at 6 o'clock.

Table 3. Knowledge base pseudocode.

choose irrigation type
If (irrigation type== drilling or Cooperative && irrigation quantity (<6 or >6)) then
Irrigation Quantity=6;
Irrigation Cost = (Irrigation Quantity * Labor Time / 8 * Labor Per Diem * Number of Workers) + (Fuel Liter Price * Fuel Liter per Decare) + (Paid to the Cooperative) + (Electricity Fee) + (Other Expenses);
Else If (irrigation type== (drilling or Cooperative) && irrigation hour (<6 or >6)) then
Watering Hour =6;
Irrigation Cost = (Irrigation Quantity * Labor Time / 8 * Labor Per Diem * Number of Workers) + (Fuel Liter Price * Fuel Liter per Decare) + (Paid to the Cooperative) + (Electricity Fee) + (Other Expenses);
Endif

Databases are areas where structured information or data is stored. It is possible to define a database simply as a system consisting of more than one table (relationship). The APRIS relational data model, which is the subject of the study, consists of 32 tables that provide modular design.

3.3. APRIS Cost and Gross Profit Calculation

In this section, cost and gross profit calculations, which are the main purpose of the article, were carried out by processing the information from the database and the rules in the knowledge base in the inference engine, which is the last stage of expert systems.

3.3.1. Apricot Cost Calculation

The cost of apricots was calculated by processing the data obtained from 15 farmers through a face-to-face survey and the rules created in the information base. The flow diagram of cost calculation is presented in Figure 5.

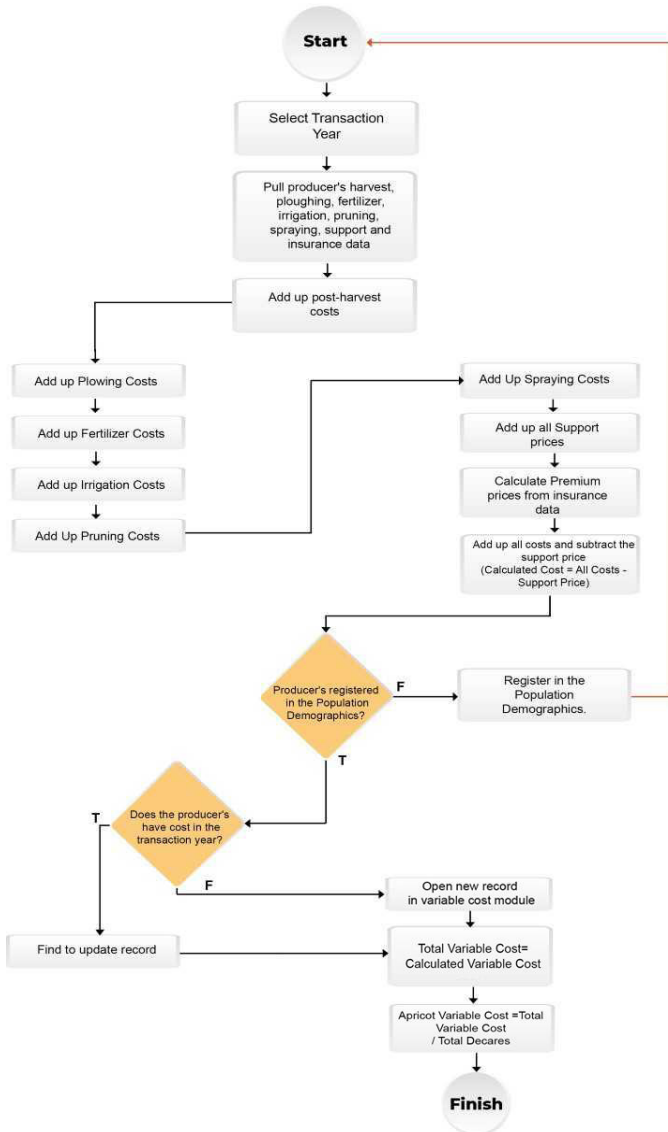


Figure 5. Variable costs calculation flow chart (Erkuş et al, 1995).

In Table 4, annual calculations were made for the apricot area (da), number of apricot trees, variable costs (₺/da), and average regional variable costs (₺/da) in the expert system cost calculation module. Farmers were included in the system, and the 2020 apricot variable cost was found to be 1126.36 (TL/da).

Table 4. Cost calculation results and comparison.

	Statistical Methods				Expert System Method (APRIS)			
	Apricot Land (Da)	Number of Trees	Variable Costs (TL/Da)	Average Region Variable Costs (TL/Da)	Apricot Land (Da)	Number of Trees	Variable Costs (TL/Da)	Average Region Variable Costs (TL/Da)
Farmer 1	15	250	780,43	1252,89	15	250	780,43	1126,36
Farmer 2	12	160	1452,11	1252,89	12	160	1452,11	1126,36
Farmer 3	10,5	120	924,55	1252,89	10,5	120	924,55	1126,36

In the study, fixed costs were not taken since the system calculates the gross profit. Variable expenses were used to find gross profit. Rental prices in the region were taken into account in the expenses incurred.

3.3.2. Gross Profit Calculation

The gross production value (GPV) of the enterprises was calculated with the apricot, seed, and wood sales information obtained from the farmers. The annual costs of these enterprises were subtracted from their annual GPV totals, and after this process, their gross profits were calculated by dividing them by the apricot land (da) of the enterprise. The main steps of calculating gross profit are explained in Figure 6.

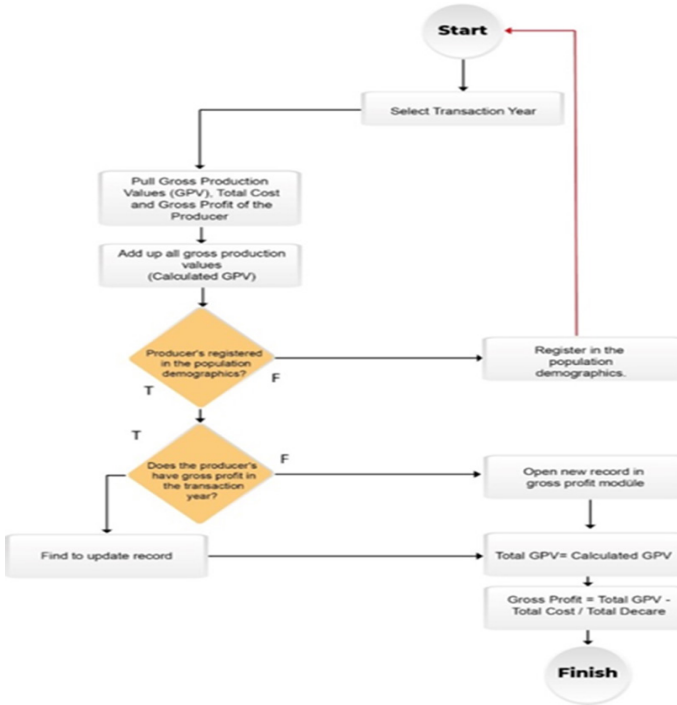


Figure 6. Gross profit calculation flow chart.

As seen in Table 5, the gross profit page is drawn from the data entered by farmers into the system; Name and surname, variable costs (₺), total product sales price gross profit (₺/da) are calculated and listed. Gross profits of businesses per decare are calculated on a business-by-business basis, as seen in the Gross Margin Column of Table 5.

Table 5. Gross profit calculation results and comparison.

	Statistical Methods			Expert System Method (APRIS)		
	Variable Costs (TL)	Total Product Sales Price	Gross Margin (TL/Da)	Variable Costs (TL)	Total Product Sales Price	Gross Margin (TL/Da)
Farmer 1	30087,91	4675	-473,48	30087,91	4675	-423,55
Farmer 2	9458,9	7210	-321,21	9458,9	7210	-281,11
Farmer 3	25586,28	16700	-260,12	25586,28	16700	-222,16

CONCLUSIONS

APRIS is a platform where farmers are authorized to access the system and enter their own data into the system in real-time. This study aims to reveal a structure in which producers can instantly monitor the recently increasing input costs and operate price mechanisms in cost calculations. It also provides up-to-date data flow to institutions making production planning. The module's feature will create an important platform for a system that can prepare reports on issues such as cost calculations of other agricultural products, yield calculations, determination of tree availability, and the effects of climate change. The designed APRIS expert system is an artificial intelligence-based application that can provide fast and accurate answers and provide solutions to problems that may arise with incorrect or incomplete data. The fact that the developed application has high reasoning power and a good memory prevents incorrect data entry and miscalculations.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethics committee approval.

Author Contributions Rates

Design of Study: OŞ(%50), FT(%50)

Data Acquisition: OŞ(%75), FT(%25)

Data Analysis: OŞ(%75), FT(%25)

Writing Up: OŞ(%25), FT(%75)

Submission and Revision: OŞ(%25), FT(%75)

REFERENCES

- Abraham, A., 2005. Rule-based Expert Systems. Editör: Peter H. Sydenham ve Richard Thorn, Handbook of Measuring System Design. John Wiley & Sons, Ltd. New Jersey. 909-919.
- Angeli, C., 2010. Diagnostic Expert Systems: From Expert's Knowledge to Real-Time Systems. Advanced Knowledge Based Systems: Model, Applications & Research, 1(4), 50-73.
- Aslan, A., 2013. Malatya İlinde Organik ve Konvansiyonel Kayısı Üretimi Yapan İşletmelerin Karşılaştırmalı Ekonomik Analizi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Babalık, A., 2000. Uzman Sistemlerin Tıpta Teşhis Amaçlı Kullanımı. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Çaylı, A., Temizkan, Y., 2018. Kahramanmaraş Bölgesi İçin Seralarda Örtü Malzemesi ve Isı Tasarruf Önlemlerinin Isıtma Yüküne Etkisinin Uzman Sistem ile Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(3), 312-322.
- Çetinyokuş, T., Metin, D., Oktay Y., 2010. Personel Seçiminde Eşleşme Yöntemi Temeline Dayanan Bir Uzman Sistem Yaklaşımı. e-Journal of New World Sciences Academy, 5(4), 590-602.
- Demirtaş, M.N., Öztürk, K., Yiğit T., Çolak, S., Şahin, S., 2011. Kayısı Yetiştiriciliği. EYYDB yayınları, Ankara.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kiral, T., Açıl, A.F., Demirci, R., 1995. Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 5, Ankara.
- Fielke, S., Taylor, B., Jakku, E., 2020. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-threat review. Agricultural Systems, 180, 102763.
- Golanski, P., Przemyslaw M., 2015. Use of the Expert Methods in Computer Based Maintenance Support of the M-28 Aircraft. Scientific Journal of Polish Naval Academy, 1-12.
- Gutierrez, S.A., Branch J.W., 2011. A Comparison Between Expert Systems and Autonomic Computing Plus Mobile Agent Approaches for Fault Management. Dyna, 78(168), 173-181.
- Heiß, A., Paraforos, D.S., Sharipov, G.M., Griepentrog, H.W., 2021. Modeling and simulation of a multi-parametric fuzzy expert system for variable rate nitrogen application. Computers and Electronics in Agriculture, 182, 1-12.
- Janssen, S.J.C., Porter, C.H., Moore, A., Athanasiadis, I.N., 2017. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: information and communication technology. Agricultural Systems, 155, 200-212.
- Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F.X., 2018. Deep learning in agriculture: a survey. Computers and Electronics in Agriculture, 147, 70-90.
- Klompenburg, T.V., Kassahun, A., Catal, C., 2020. Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. Computers and Electronics in Agriculture, 177, 1-18.
- Mostafa, M.A., Al-Qurishi, M., Al-Amri, A., Aksoy, M.S., Emam, A., 2022. Novel graphical family tree representation to develop an interactive expert system. Expert Systems, 39(10), 1-19.
- Musleh, M.M., Abu Naser, S.S., 2000. Rule Based System for Diagnosing and Treating Potatoes Problems. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER), 2(8), 1-9.
- Negnevitsky, M. (2005). Artificial Intelligence. 2nd Edition, Pearson Education, London.
- Shahzadi, R., Tausif, M., Ferzund, J., Suryani, M.A., 2016. Internet of things based expert system for smart agriculture. Int. J. Adv. Computer Science Applications, 7(9), 341-350.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Kittas, C., 2017. Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. Biosystems Engineering, 164, 31-48.
- Üstün, S., Baytorun, A.N., 2003. Sera projelerinin hazırlanmasına yönelik bir uzman sistemin oluşturulması. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1), 168-176.
- Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A., Wolfert, S., 2021. Digital twins in smart farming. Agricultural Systems. 189, 1-19.
- Zhai, Z., Martínez, J.F., Beltran, V., Martínez, N.L., 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. Computers and Electronics in Agriculture, 170, 1-16.
- Winstanley, T., Courvalin, P., 2011. Expert systems in clinical microbiology. Clinical microbiology reviews, 24(3), 515-556.



Farklı Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikrobiyal Karışımın Anadolu Kestanesinde (*Castanea sativa* Mill.) Fidan Kalitesi Üzerine Etkileri

Effects of Microbial Mixture Applied to Different
Growing Media on Seedling Quality in Anatolian
Chestnut (*Castanea sativa* Mill.)

Yasemin ZENGİN¹, Aysun PEKŞEN², Asuman İlkay KARGIDAN³,
Özge DENLİ⁴, Hülya TURNA⁵

¹Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· yaseminzengin@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0002-5349-4388

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun
· aysunp@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9601-5041

³Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· asumanilkaykargidan@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0003-3469-3522

⁴Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya
· ozgedenli@ogm.gov.tr · ORCID > 0000-0002-6968-1452

⁵Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
· hulyaturna@ogm.gov.tr · ORCID > 0009-0001-0067-1520

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 05 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 381-400

Atıf/Cite as: Zengin, Y., Pekşen, A., Kargıdan, A.İ., Denli, Ö., Turna, H. "Farklı Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikrobiyal Karışımın Anadolu Kestanesinde (*Castanea sativa* Mill.) Fidan Kalitesi Üzerine Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(2), Haziran 2024: 381-400.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aysun PEKŞEN

FARKLI YETİŞTİRME ORTAMLARINA UYGULANAN MİKROBİYAL KARIŞIMIN ANADOLU KESTANESİNDE (*Castanea sativa* MİLL.) FİDAN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada farklı yetiştirme ortamlarına uygulanan *Rhizopogon*, *Glomus*, *Trichoderma* ve *Pseudomonas* cinslerine ait mikroorganizmalardan hazırlanmış ticari mikrobiyal karışım uygulamasının Anadolu kestanesi fidanının yaşama oranı ve bazı morfolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, Anadolu kestane fidanlarında mikoriza aşılama etkinliği ve mikorizal enfeksiyon oranı belirlenmiştir. Çalışmada, herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan kontrol (M-), sterilizasyon işlemi (S) ve mikrobiyal karışım uygulaması olmak üzere 3 işlem ile orman toprağı, torf, orman toprağı+torf (1:1, v/v) ve kestane toprağı olmak üzere 4 farklı yetiştirme ortamı denenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; fidan boyu 17.07-22.20 cm, kök boğazı çapı 5.33-7.07 mm, fidan boyunun kök boğazı çapına oranı (gürbüzlük indisi) 28.60-37.20, sürgün yaş ağırlığı 3.32-5.90 g, kök yaş ağırlığı 4.70-9.07 g, toplam fidan yaş ağırlığı 8.32-13.42 g, sürgün kuru ağırlığı 1.72-3.23 g, kök kuru ağırlığı 1.87-5.55 g, toplam fidan kuru ağırlığı 3.80-8.43 g, katlılık indisi 0.34-1.04, Dickson kalite indeksi 0.80-2.22, ortalama enfeksiyon oranı %16.17-31.25 ve fidan yaşama oranları %94.37-98.61 aralığında bulunmuştur. Mikorizal aşılama etkinliği en düşük (%2.38) mikrobiyal karışım uygulanan kestane toprağında, en yüksek (%29.54) mikrobiyal karışım uygulanan torf ortamında tespit edilmiştir. Mikorizalı mikrobiyal karışım uygulanan ortamların mikorizal enfeksiyon oranı (%30.88), herhangi bir işlem uygulanmayan ortamların enfeksiyon oranından (%14.46) istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en yüksek mikorizal enfeksiyon oranı, aralarında istatistiksel fark olmayan torf (%31.25) ve orman toprağında (%26.25) tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı ve mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı:torf (v:v; 1:1) ortamında fidan yetiştirmenin kestane fidan gelişimi bakımından uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anadolu Kestanesi, Mikorizal Aşılama Etkinliği, Enfeksiyon Oranı, Morfolojik Özellikler.



EFFECTS OF MICROBIAL MIXTURE APPLIED TO DIFFERENT GROWING MEDIA ON SEEDLING QUALITY IN ANATOLIAN CHESTNUT (*Castanea sativa* MILL.)

ABSTRACT

In this study, the effects of a commercial microbial mixture, prepared from microorganisms belonging to the *Rhizopogon*, *Glomus*, *Trichoderma*, and *Pseudomonas* genera, applied to different growing media on the survival rate and some morphological characteristics of Anatolian chestnut seedlings were examined. Additionally, mycorrhizal inoculation efficiency and mycorrhizal infection rate were determined in Anatolian chestnut seedlings. In the study, three treatments including the control treatment without any process and sterilization (M-), sterilization process (S), and application of microbial mixture (M+), and 4 different growing media as forest soil, peat, forest soil + peat (1:1, v/v) and chestnut soil were tested. In the study; seedling height 17.07-22.20 cm, root collar diameter 5.33-7.07 mm, seedling height to root collar diameter ratio (the sturdiness index) 28.60-37.20, shoot fresh weight 3.32-5.90 g, root fresh weight 4.70-9.07 g, total seedling fresh weight 8.32-13.42 g, shoot dry weight 1.72-3.23 g, root dry weight 1.87-5.55 g, total seedling dry weight 3.80-8.43 g, shoot-root ratio 0.34-1.04, Dickson quality index 0.80-2.22, average infection ratios 16.17-31.25%, average seedling survival rate 94.37-98.61% were determined. Mycorrhizal inoculation efficiency was found to be the lowest (2.38%) in the chestnut soil where the microbial mixture was applied and the highest (29.54%) in the peat medium where the microbial mixture was applied. The mycorrhizal infection rate of the media where the mycorrhizal microbial mixture was applied (30.88%) was significantly higher than that of the media without any treatment (14.46%). When the growing media were compared, the highest mycorrhizal infection rate was detected in peat (31.25%) and forest soil (26.25%), with no statistical difference. In this study, it was determined that growing seedlings in microbial mixture applied forest soil and microbial mixture applied forest soil:peat (v:v; 1:1) media are suitable for chestnut seedling development.

Keywords: Anatolian Chestnut, Mycorrhizal Inoculation Efficiency, Infection Rate, Morphological Characteristics.



1. GİRİŞ

Türkiye’de ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan fidanların tamamına yakını Orman Genel Müdürlüğü fidanlıklarında üretilmektedir (Parlak ve Güner, 2017). Türkiye’nin önemli orman ağacı türlerinden biri de kestanedir. Orman amenajman planlarına göre kestane ormanları yaklaşık 81.232 ha alanda yayılış göstermektedir (OGM, 2020). Dünyada *Castanea* cinsinin 9 türü bulunmaktadır. *Castanea* cinsinin ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren tek türü *Castanea sativa* Mill. (Anadolu kestanesi)’dir (Tuttu ve ark., 2021). Anadolu kestanesi, çok çeşitli kullanım alanları nedeniyle ekonomik değeri yüksek bir türdür ve orman köylüsünün önemli geçim kaynakları arasındadır. Kerestesi yanında meyveleri gıda olarak tüketilmekte ve sanayide farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Odun ve kabuğundan dericilikte kullanılan tanen maddesi elde edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996). Yoğun çiçeklerinden dolayı bal ormanlarının kurulmasında kullanılan ve çiçeklerinden çay yapılan ağaç türlerindedir. Kestane ormanları, uzun yıllar hem dünyada hem de ülkemizde abiyotik ve biyotik sorunlarla karşı karşıyadır. Biyotik sorunların başında kestane kanseri, mürekkep hastalığı, *Phytophthora* kök ve kök boğazı çürüklüğü, tomurcuklarda gal arısı, meyvelerde kestane iç kurdu ve kirpi güvesi gibi etmenler sayılabilir (Akyüz ve Serdar, 2020). Bu hastalık ve zararlılar nedeniyle IPGRI, FAO ve WWF gibi kuruluşlar tarafından nesli tehlikede olan türler sınıfında yer almaktadır. Bu yüzden Anadolu kestanesi türünde sağlıklı ve iyi gelişmiş fidanlar yetiştirmek büyük önem taşımaktadır. Fidan üretim aşamasında yaşanan kayıplar en önemli sorunlardan biridir. Bu sorunların başında fidanlık topraklarının istenilen özellikleri taşınamaması gelmektedir. Tarım alanlarında olduğu gibi orman fidanlıklarında da kimyasal gübre kullanımı, toprağın doğal yapısını bozmaktadır. Yetiştirme ortamı, fidan kalitesini ve üretilen fidanın ağaçlandırma faaliyetlerindeki başarısını önemli oranda etkilemektedir. Ayrıca son yıllarda fidanlıklarda stres koşullarına dayanıklılığı, fidan kalitesini ve sayısını artırmak amacıyla biyolojik ve doğal materyaller kullanılmaktadır (Ayan ve ark., 2021).

Günümüzde bitkisel üretimde değişik canlı gruplarının kullanımı giderek artış göstermektedir (Koide ve Mosse, 2004). Mikroorganizmaların kimyasal gübreler ve pestisitlerin oluşturduğu problemleri çözmeye alternatif olarak kullanılmaları oldukça yaygındır (Berg, 2009). Mikoriza ile ilgili çalışmalar özellikle son 30-40 yıl içerisinde hız kazanmıştır. Bu dönem içerisinde özellikle bahçe bitkileri yetiştiriciliğine ve tek yıllık bitkilere yönelik çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Ormancılıkta kullanımı konusunda yapılan çalışmalar ise sınırlıdır. Özellikle orman fidanlıklarında mikorizal aşılamanın kullanımı yeni bir uygulamadır ve Türkiye’de bu konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Pırlak (2012) *Glomus caledonium* ve *G. clarium* mikoriza aşılamanın *Laurus nobilis* (defne) ve *Ceratonia siliqua* (keçi-boynuzu) türlerinde fidan gelişimi ve yaz kuraklığından sonra fidan yaşam oranları üzerine etkisini incelemiştir. Diğer taraftan bazı orman fidanlıklarımızda saçlı

meşe (*Quercus cerris*), karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve boylu ardıç (*Juniperus excelsa*) türlerinde fidan yetiştirme üzerine mikorizaların etkisi konularında araştırmalar yapılmıştır (Tüfekçi ve ark., 2016; Parlak ve Güner, 2017; Toprak ve ark., 2017; Toprak ve ark., 2018; Denli ve ark., 2020). Yapılan çalışma sonuçları; mikorizaların fidanların sağlıklı ve güçlü kökler oluşturmasında, iyi bir büyüme ve gelişme sağlamasında, strese karşı dayanıklılıkta çok önemli rol oynadığını göstermektedir (Pera ve ark., 1999; Baum ve ark., 2002; Dunabeitia ve ark., 2004; Kibar ve Pekşen, 2007; Tsimilli-Michael ve Strasser, 2008).

Trichoderma türleri, üzerinde en fazla çalışılan ve mikrobiyal biyokontrol ajanı olarak kullanılan fungus türlerinden biridir (Özkale, 2017). Dünyada *Trichoderma* temelli ticari preparatlar, bitki patojenlerine karşı ürün korunmasında ve bitki büyüme veya verimliliğini arttırma amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* ve *Sclerotinia* türleri gibi bitki patojenlerine karşı kullanılmaktadır (Aydın, 2015). Bazı *Trichoderma* türleri iyi bir antagonistik yeteneğe sahiptir (Kredics ve ark., 2003). Bitkisel üretimde *Pseudomonas* bakterileri de biyolojik ajan ve biyogübre olarak kullanılmakta olup, büyümeyi teşvik ettiği, verim ve kalite artışı sağladığı bildirilmektedir (İpek ve ark., 2014; Atılğan ve ark., 2019). Tayal ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada *Fusarium oxysporum* ile enfekte edilmiş domates bitkilerinde hastalık yayılımını kontrol etmede *Glomus fasciculatum*, *Trichoderma viride* ve *Pseudomonas fluorescens*'in tek başına ve kombinasyon halinde etkinliği araştırılmıştır. Çalışmada 3 biyokontrol ajanının bir arada kombinasyonunun domates bitkilerinde büyümeyi desteklediği ve hastalıkları %94'e kadar engellediği belirlenmiştir. Yadav ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada *G. mosseae* + *A. laevis* + *T. viride* + *P. fluorescens* kombinasyonu ile ayçiçeğinde yapılan aşılama sonucunda bitki boyu, sürgün biyokütlesi gibi incelenen tüm büyüme parametrelerinde maksimum artış elde edildiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada Anadolu kestanesi tohumlarına uygulanan mikrobiyal karışım uygulamasının ve farklı yetiştirme ortamlarının (torf, orman toprağı, orman toprağı+torf (1:1, v/v) ve kestone toprağı) fidanların bazı morfolojik özellikleri, fidan yaşama oranı, mikorizal aşılama etkinliği (MAE) ve mikoriza enfeksiyon oranları üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda orman fidanlıklarında mikrobiyal karışımli fidan üretimi konusunda bilimsel veri üretilmesine ve tecrübe oluşmasına katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü serasında yürütülmüştür. Denemede elde edilen fidanlarda mikoriza enfeksiyon teşhisi Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) tohumları ekim ayında Pazar Orman İşletme Müdürlüğü Ardeşen İşletme şefliği tohum meşçeresinden temin edilmiştir. Yetiştirme materyali olarak kullanılacak olan orman toprağı Of Fidanlığından, kestone toprağı Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Tonya Orman İşletme Şefliği Kale Mevkiinden, torf ise ticari bir firmadan temin edilmiştir.

Kullanılan ticari mikrobiyal karışımın içeriğı Çizelge 1’de verilmiştir. Ticari mikrobiyal karışım içinde ektomikoriza grubundan 3 adet *Rhizopogon* türü, arbüsküler mikoriza olan 3 adet *Glomus* türü, saprofit mantar olan 3 adet *Trichoderma* türü ve bakteri olan 2 adet *Pseudomonas* türü bulunmaktadır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan mikrobiyal karışımın içeriğı

Table 1. Content of the microbial mixture used in the experiment

Mikrobiyal Karışım	Mikroorganizma Grupları	Miktar
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Ektomikoriza	118 Prop mL ⁻¹
<i>Rhizopogon amylopogon</i>	Ektomikoriza	116 Prop mL ⁻¹
<i>Rhizopogon fulvigleba</i>	Ektomikoriza	127 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus intraradices</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus aggregatum</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Glomus mosseae</i>	Arbüsküler Mikoriza	78 Prop mL ⁻¹
<i>Trichoderma kongii</i>	Saprofit mantar	2.500.000 cfu mL ⁻¹
<i>Trichoderma viride</i>	Saprofit mantar	3.000.000 cfu mL ⁻¹
<i>Trichoderma harzianum</i>	Saprofit mantar	50.000.000 cfu mL ⁻¹
<i>Pseudomonas putida</i>	Bakteri	100.000 cfu mL ⁻¹
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Bakteri	25.000 cfu mL ⁻¹

2.2. Yöntem

Çalışmada kontrol (M-) (herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan), sterilizasyon işlemi (S) ve mikrobiyal preparat uygulaması (M+) olmak üzere 3 işlem ele alınmıştır. Yetiştirme ortamı olarak torf (T), orman toprağı (O), orman toprağı+torf (1:1, v/v) (OT) ve kestone toprağı (K) kullanılmıştır. Çalışmada işlem ve yetiştirme toprağı kombinasyonu olarak 12 uygulama incelenmiştir. Sterilizasyon işlemi için yetiştirme ortamları 121°C’de 1.5 saat otoklav edilmiştir. Yetiştirme materyallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında belirlenmiştir. Toprak analizlerine ait sonuçlar Çizelge 2’de, torfla hazırlanan ortamların analizlerine ait sonuçlar ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 2.** Physical and chemical properties of the soils used in the experiment

Ortam	Fiziksel Analiz				Kimyasal Analiz			
	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Tekstür	pH (1/2.5)	CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)	ECx10 ⁰ 25°C (mS cm ⁻¹)
K	65	16	19	Kumlu Balçık	5.9	0	5.6	0.04
SK	64	16	20	Kumlu Balçık	4.8	0	3.9	0.03
O	61	18	21	Kumlu Balçık	4.7	0	22.0	0.03
SO	57	20	23	Kumlu Killi Balçık	4.6	0	21.8	0.03

K: Kestane toprağı, SK: Steril edilmiş kestane toprağı, O: Orman toprağı, SO: Steril edilmiş orman toprağı

Çizelge 3. Denemede kullanılan torf ve torfla hazırlanan yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 3.** Physical and chemical properties of the peat and the growing media prepared with peat used in the experiment

Ortam	Ateşte Kayıp (%)	Özgül Ağırlık (g cm ⁻³)	Hacim Ağırlık (g lt ⁻¹)	Porozite (%)	Hava Kapasitesi (%)	Su Kapasitesi (%)	pH (1/2.5)	EC (1/2.5)	CaCO ₃ (%)
T	93	1.23	103	85	29	60	5.2	0.2	0
ST	93	1.43	99	87	34	57	5.0	0.4	0
OT	46	2.13	208	81	31	50	5.6	0.3	0
SOT	41	1.89	217	78	32	46	5.2	0.2	0

T: torf, ST: steril torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), SOT: steril orman+torf karışımı (1:1, v/v)

Bitki besin elementlerinden; Na, K, Ca, Mg, P ve N elementlerine ait analizler Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında yapılmıştır. Bitki besin elementlerinden; N (azot) Kjeldahl metodu, fosfor (P) ve sodyum (Na) Bray Kurtz yöntemi, potasyum (K) Flame Fotometrik metodu, magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) AAS metodu ile analiz edilmiştir. Bitki besin elementlerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Denemede kullanılan yetiştirme ortamlarının mineral içerikleri**Table 4.** Mineral contents of the growing media used in the experiment

Ortam	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
K	0.11	1.82	106	565	288	10
SK	0.12	3.35	106	725	261	10
O	0.55	1.79	134	371	141	14
SO	0.49	4.51	140	466	219	26
T	1.10	9.65	50	10523	868	196
ST	1.12	14.58	39	15204	1072	146
OT	0.76	20.00	104	5861	576	73
SOT	0.68	43.62	121	4740	473	54

K: Kestane toprağı, SK: Steril edilmiş kestane toprağı, O: Orman toprağı, SO: Steril edilmiş orman toprağı, T: torf, ST: steril torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), SOT: steril orman+torf karışımı (1:1, v/v)

Anadolu kestanesi tohumları ekim ayında toplanılmış ve ekim zamanına kadar +4°C'de %6-8 rutubette Of Fidanlığı soğuk hava deposunda kapalı kaplar içinde muhafaza edilmiştir. 24 gözlü fidan kapları %1'lik HCl'den geçirilerek yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Deneme desenine göre hazırlanan yetiştirme ortamları 24 gözlü fidan kaplarına doldurulmuştur. Öncelikle tohumlar suda yüz-dürme yöntemiyle boş, sağlıklı ve kurtlu tohumlardan temizlenmiştir. Daha sonra %30'luk H₂O₂'de 30 dakika süresince tutulup ve steril suda iyice çalkalanarak tohumların yüzey sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir (Kibar ve Pekşen, 2016). Mikrobiyal uygulama için tohumların bir kısmı ticari firma tarafından önerilen şekilde (1 litre suya 1 ml mikrobiyal karışım ilave edilerek) hazırlanan solüsyonda 5 dk bekletilerek mikrobiyal karışım ile aşılama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tohumların kurumaları beklenilmiş ve deneme desenine göre her bir göze elle tohum yerleştirilerek aralık ayının ilk haftası tohum ekimi yapılmıştır. Çimlenme tamamlandıktan sonra daha önce mikrobiyal karışım ile muamele edilmiş tohumların bulunduğu fidan tüplerine; dikkatlice kök kısmına nüfuz edecek şekilde her fidana eşit miktarda (100 ml olacak şekilde) 3 hafta ara ile 2 kez daha aşılama işlemi tekrarlanmıştır.

Tohum ekiminin yapıldığı yılın sonunda 1 yaşındaki fidanlardan her işlem parselinden rastgele 20 fidan seçilmiştir. Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesindeki laboratuvarında tüplerden dikkatli bir şekilde sökülerek fidanlarda morfolojik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce fidanlar tüplerden dikkatlice çıkarılarak, kökler su ile yıkanarak topraktan arındırılmıştır. Kökler dikkatlice kâğıt havlu yardımıyla fazla suyu alınarak kurutulmuştur. Bu fidanlarda; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), sürgün

yaş ağırlığı (SYA), kök yaş ağırlığı (KYA), toplam fidan yaş ağırlığı (TFYA), sürgün kuru ağırlığı (SKA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve toplam fidan kuru ağırlığı (TFKA) belirlenmiştir.

Katlılık Oranı İndisi (KO): SKA/KKA, Gürbüzlük İndisi (Gİ): FB (mm)/KBÇ (mm) ve Dickson Kalite İndeksi (DKİ): FKA/(Gİ+KO) hesaplanmıştır. Fidan Yüzdesi (%) ve Bagyaraj ve ark. (1988)'nin geliştirmiş olduğu formül kullanılarak Mikorizal Aşılama Etkinliği (MAE) belirlenmiştir.

$$MAE (\%) = (B - A) / B \times 100$$

[A: Aşılınmayan fidanın toplam kuru ağırlığı (g), B: Aşılınan fidanın toplam kuru madde ağırlığı (g)]

Örneklerin mikorizal enfeksiyonlarının belirlenmesinde Koske ve Gemma (1989) tarafından bildirilen bitki köklerinin temizleme ve boyama işlemleri yapılmıştır. Boyanan bitki kökleri, 1 cm uzunluğunda kesilmiş ve her lamele 10 kök gelecek şekilde lam üzerine dizilmiştir. Kökler ışık mikroskobu altında (Olympus CX31) 400-1000 büyütmede incelenmiştir (Giovannetti ve Mosse, 1980). Kök enfeksiyonu aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Enfeksiyon} = 100 \times \text{toplam mikorizal kök} / \text{toplam kök sayısı}$$

2.3. İstatistiksel Analizler

Deneme Tesadüf Parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme desenine göre 12 işlem x 3 (tekrar)= 36 farklı deneme parseline her bir parselde 48 (2 adet 24'lük kap) adet olmak üzere toplamda 36x48= 1728 adet tüpe tohum ekimi yapılmıştır. Bitkisel ölçümlerde her tekerrür için 20 fidanda ölçüm yapılmıştır. Herhangi bir işlem ve sterilizasyon uygulanmayan (kontrol) ve mikrobiyal karışım uygulanmış ortamların enfeksiyon oranlarının varyans analizi her uygulama için 2 tekerrür üzerinden yapılmıştır. Varyans analizlerinde, SPSS paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel olarak farklılık gösteren ortalamalar "Duncan Çoklu Karşılaştırma" testine göre gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Anadolu kestanesi fidanlarında mikrobiyal karışım uygulanmış ve uygulanmamış ortamlar ile steril edilmiş ortamlar arasında fidan boyu bakımından istatistiksel fark bulunmamıştır. Buna karşılık fidan boyu bakımından ortamlar ve işlem x ortam interaksyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en yüksek fidan boyu 21.76 cm ile OT ortamından elde edilmiştir. Bunu aralarında istatistiksel fark bulunmayan O toprağı

izlemiştir. En düşük fidan boyu ise 18.47 cm ile K toprağında saptanmıştır. İşlem x ortam interaksiyonu bakımından en yüksek fidan boyu 22.20 cm ile MO ve MOT karışımından, en düşük fidan boyu ise 17.07 cm ile herhangi bir işlem uygulanmamış K toprağından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çalışmada ele alınan işlem, ortam ve işlem x ortam interaksyonlarının Anadolu kestanesi fidanlarının kök boğazı çapları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. M+ ve S işlemlerinden elde edilen kök boğazı çap değerlerinin herhangi bir işlem yapılmamış kontrole (M-) göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 5). Asif ve ark. (2013) tarafından yürütülen çalışmada kök boğaz çapının *Pseudomonas fluorescens* uygulanan fidanlarda %9.81, *Pseudomonas tinctorius* uygulanan fidanlarda %16.87, *Azobacter* uygulanan fidanlarda %13.70 ve *Bacillus subtilis* uygulanan fidanlarda ise %8.84 arttığı belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları arasında ise en yüksek kök boğazı çap değerleri, O ortamında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu OT ortamında yetişen fidanların kök boğazı çap değerleri izlemiştir. Tüm uygulamalar incelendiğinde; en yüksek kök boğazı çapı 7.07 mm ile SO uygulamasından elde edilmiş, bunu 6.87 mm ile MO uygulaması izlemiştir. En düşük kök boğazı çapı ise 5.33 mm ile ST ortamından elde edilmiştir (Çizelge 5). TS 2265/Mart 1976 fidan standardına göre; kaplı fidanlarda 30 cm fidan boyuna sahip olan kestane için en az 4 mm çap, çıplak köklü I. sınıf kestane fidanlarında ise 30 cm boyda en az 4 mm, 40 cm boyda 5 mm, 50 cm boyda 6 mm, 75 cm boyda 7 mm ve 100 cm boyda ise 8 mm çap olması gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmada tüm uygulamalardaki fidanların çapları 5.33-7.07 mm arasında değişmiştir. Yetiştirme ortamlarının steril edilmesi ve mikrobiyal gübre uygulaması fidanların kök boğazı çaplarını artırmıştır (Çizelge 5). Buna göre bu proje kapsamında yetiştirilen Anadolu kestanesi fidanlarının kök boğazı çapı bakımından standartların oldukça üstünde ve oldukça kaliteli oldukları söylenebilir. Fidanların kök boğazı çapları, plantasyon başarısını doğrudan etkileyen bir özelliktir. Boylu ve kalın çaplı fidanların yaprak veya ibre miktarı açısından daha zengin oldukları, daha kalın kesit yüzeyi ve yeterli kök sistemine sahip olmak kaydıyla, daha fazla su emme ve tutma kapasitesine sahip oldukları bildirilmiştir (Genç ve Yahyaoglu, 2007). Ayrıca mekanik baskılara dayanıklıdır. Bu özellikler uzun boya ve kalın çapa sahip fidanların tutma başarısını olumlu yönde etkilemektedir (Rose ve ark., 1990; Genç ve Yahyaoglu, 2007).

Gürbzlük indisi incelendiğinde; işlemler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. T ve OT ortamlarında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerleri, O ve K toprağında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerlerine göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Tüm uygulamalar karşılaştırıldığında en yüksek gürbzlük indisi değeri (%37.20) ST ortamında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu %35.80 ile OT ortamında yetiştirilen fidanların gürbzlük indisi değerleri izlemiştir (Çizelge 5). Gürbzlük indisi İngiltere'de ve Britanya Uluslar Topluluğu ülkelerinde sıkça kullanılan kalite göstergelerindedir. $G\bar{I} < 50$

iyi fidan, $50 < G\bar{I} < 60$ orta fidan ve $G\bar{I} > 60$ ise kötü fidan olarak kabul edilmektedir (Yahyaoglu ve Genç, 2007). Bu çalışmada fidanların gürbüzlük indisi değerleri 28.60 ile 37.20 arasında değişmekte olup, İngiltere'de yapılan sınıflandırmaya göre tüm fidanlar iyi fidan kategorisinde yer almaktadırlar. Gürbüzlük indisi değeri küçük olan fidanların dikim ve taşıma zararlarından daha az etkilendikleri, kar ve diri örtü baskılarına daha dayanıklı oldukları ve dikimin ardından daha hızlı geliştikleri bildirilmiştir (Feyzioğlu ve ark., 2010).

Sürgün yaş ağırlığı bakımından fidanların durumu karşılaştırıldığında; işlemler arasında istatistiksel fark bulunmazken, ortamlar ve işlem x ortam etkileşimi arasında önemli fark tespit edilmiştir. O ve OT ortamlarında yetişen fidanların sürgün yaş ağırlığı değerleri diğer ortamlardan daha yüksek bulunmuştur. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde; en yüksek değer 5.90 g ile SOT uygulamasında yetiştirilen fidanlardan elde edilmiştir. Bunu 5.40 g değeri ile MO uygulamasında yetiştirilen fidanların sürgün yaş ağırlığı değeri izlemiştir. En düşük değerler ise sırasıyla 3.58 ve 3.32 g ile K ve SK uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 5).

Anadolu kestanesi fidanlarının kök yaş ağırlığı üzerine işlemlerin, ortamların ve bunların etkileşimlerinin etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikrobiyal karışım uygulaması fidanların kök yaş ağırlığı değerlerini artırmıştır (Çizelge 5 ve 6). Okaliptüs plantasyonlarında *Laccaria*, *Descolea*, *Scleroderma* ve *Pisolithus* türü mantarlar fidanlara aşılandığında fidanların kök sistemini geliştirerek daha hızlı büyümelerini sağladıkları belirlenmiştir (Lu ve ark., 1998). Owen ve ark. (2015), bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmaların, bitkilerde kök sistemlerinin gelişmesini artırdığını bildirmişlerdir. Bulgularımız bu araştırmacıların bulgularıyla uyumlu bulunmuştur. Kök yaş ağırlığı bakımından O, T ve OT ortamları arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, K toprağında yetişen fidanların kök yaş ağırlıkları diğer yetiştirme ortamlarından istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında en yüksek kök yaş ağırlığı değeri MT, en düşük ise MK uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Toplam fidan yaş ağırlığı bakımından yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında da K ortamında yetiştirilen fidanların toplam fidan yaş ağırlığı değerlerinin diğer ortamlardan önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır. En yüksek toplam fidan yaş ağırlığı değerleri, aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT (13.42 g) ve MT (13.08 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. En düşük toplam fidan yaş ağırlığı değeri ise SK (8.32 g) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Mikrobiyal karışım ile aşılanmış, aşılanmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), gürbüzlük indisi (Gİ), sürgün yaş ağırlığı (SYA), kök yaş ağırlığı (KYA) ve toplam fidan yaş ağırlığı (TFYA)

Table 5. Seedling height (FB), root collar diameter (KBÇ), sturdiness index (GI), shoot fresh weight (SYA), root fresh weight (KYA) and total seedling fresh weight (TFYA) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

U	FB (cm)	KBÇ (mm)	Gİ	SYA (g)	KYA (g)	TFYA (g)
M+	20.75±1.84	6.41±0.34a	32.40±0.22	4.50±0.76	6.44±1.75a	10.95±1.87
M-	19.91±2.24	6.04±0.23b	33.00±0.34	4.62±0.77	5.51±0.53b	10.13±1.03
S	20.20±1.75	6.28±0.75a	32.40±0.35	4.68±1.03	5.93±1.24b	10.60±2.21
O	20.91±1.69ab	6.65±0.52a	31.50±0.20b	5.13±0.57a	5.97±0.60a	11.10±1.07a
T	20.01±1.79b	5.89±0.44c	34.10±0.37a	4.40±0.38b	6.42±2.05a	10.82±1.85a
OT	21.76±1.08a	6.32±0.51b	34.60±0.17a	5.29±0.63a	6.33±1.16a	11.62±1.64a
K	18.47±1.56c	6.11±0.18bc	30.20±0.22b	3.58±0.41c	5.12±0.54b	8.70±0.79b
MO	22.20±1.05a	6.87±0.13ab	32.30±0.12cde	5.40±0.53ab	5.73±0.50cde	11.13±1.03b
MT	18.40±0.98de	6.10±0.16cd	30.20±0.23def	4.02±0.29def	9.07±0.55a	13.08±0.83a
MOT	22.20±0.18a	6.43±0.19bcd	34.60±0.12abc	4.77±0.40bcd	6.27±0.58c	11.03±0.90b
MK	20.22±1.24a-d	6.23±0.23cd	32.40±0.20b-e	3.83±0.55ef	4.70±0.43e	8.53±0.98de
O	19.53±1.45cd	6.01±0.08d	32.50±0.24-e	4.92±0.70bc	5.80±0.69cd	10.72±1.38bc
T	21.80±1.57ab	6.22±0.20cd	35.10±0.27abc	4.77±0.20bcd	5.38±0.52cde	10.15±0.72bcd
OT	21.23±1.55abc	5.93±0.38d	35.80±0.14ab	5.20±0.56abc	5.20±0.53de	10.40±1.00bc
K	17.07±0.53e	5.98±0.15d	28.60±0.16f	3.58±0.33f	5.67±0.43cde	9.25±0.75cde
SO	20.98±1.68abc	7.07±0.35a	29.60±0.12ef	5.07±0.57bc	6.38±0.57c	11.45±1.10b
ST	19.82±0.76bcd	5.33±0.16e	37.20±0.17a	4.42±0.15cde	4.80±0.38de	9.22±0.53cde
SOT	21.85±1.21ab	6.60±0.72abc	33.20±0.19bcd	5.90±0.33a	7.52±0.83b	13.42±1.16a
SK	18.13±0.50de	6.13±0.06cd	29.60±0.10ef	3.32±0.26f	5.00±0.26de	8.32±0.51e

U: Uygulamalar, M+: Mikrobiyal karışım ile aşılanmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Anadolu kestanesi fidanlarının sürgün kuru ağırlıkları, sürgün yaş ağırlığı özelliğine benzer şekilde işlemlerden istatistiksel olarak etkilenmemiş, ortamlar ve işlem x ortam interaksyonundan önemli düzeyde etkilenmiştir. Orman toprağı ve OT ortamlarında yetişen fidanların sürgün kuru ağırlığı değerlerinin (sırasıyla

2.45 ve 2.67 g), diğer ortamlardan istatistiksel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm uygulamalara ait sürgün kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde de en yüksek değer SOT uygulamasında, en düşük değerler ise MK, K ve SK uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, aşılınmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının sürgün kuru ağırlığı (SKA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve toplam fidan kuru ağırlığı (TFKA), katlılık oranı (KO) ve Dickson kalite indeksi (DİK)

Table 6. Shoot dry weight (SKA), root dry weight (KKA), total seedling dry weight (TFKA), shoot to root dry weight ratio (KO) and Dickson quality indexes (DİK) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

U	SKA (g)	KKA (g)	TFKA (g)	KO	DİK
M+	2.10±0.42	3.84±1.27a	5.94±1.31a	0.60±0.21b	1.57±0.45a
M-	2.25±0.39	2.84±0.41c	5.09±0.78b	0.79±0.07a	1.24±1.12c
S	2.33±0.62	3.20±1.33b	5.52±1.92ab	0.78±0.17a	1.40±0.53b
O	2.45±0.29a	3.10±0.29c	5.55±0.54b	0.79±0.06a	1.41±0.11b
T	2.04±0.23b	3.44±1.66b	5.49±1.62b	0.72±0.31b	1.41±0.63b
OT	2.67±0.53a	4.14±1.05a	6.81±1.39a	0.67±0.18c	1.67±0.43a
K	1.74±0.16c	2.47±0.22d	4.21±0.36c	0.70±0.04bc	1.13±0.10c
MO	2.63±0.28b	3.03±0.25cd	5.67±0.53cd	0.87±0.02b	1.38±0.08cd
MT	1.88±0.10def	5.55±0.38a	7.43±0.48b	0.34±0.01h	2.22±0.01a
MOT	2.46±0.35cde	4.28±0.35b	6.74±0.56c	0.57±0.08g	1.67±0.13b
MK	1.72±0.20f	2.48±0.25de	4.20±0.45e	0.69±0.02def	1.07±0.11e
O	2.33±0.33bcd	3.13±0.40c	5.47±0.73d	0.74±0.01cde	1.37±0.11cd
T	2.32±0.15bcd	2.92±0.28cde	5.23±0.43d	0.80±0.03c	1.22±0.09de
OT	2.60±0.31bc	2.95±0.35cde	5.55±0.63cd	0.88±0.07b	1.24±0.12de
K	1.75±0.20ef	2.35±0.23ef	4.10±0.43e	0.74±0.02cde	1.13±0.06e
SO	2.38±0.28bc	3.13±0.31c	5.52±0.58cd	0.76±0.04cd	1.48±0.13bc
ST	1.93±0.13def	1.87±0.13f	3.80±0.25e	1.04±0.02a	0.80±0.04f
SOT	3.23±0.15a	5.20±0.56a	8.43±0.71a	0.63±0.04f	2.15±0.29a
SK	1.75±0.15ef	2.58±0.20cde	4.33±0.32e	0.68±0.05ef	1.19±0.09de

U: Uygulamalar, M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Mikrobiyal karışım uygulamasının kök kuru ağırlığı ve toplam fidan kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (Çizelge 6). Sumana ve Bagyaraj (2002) tarafından yapılan çalışmada da *Azadirachta indica* fidanlarına uygulanan *Glomus mosseae*, *Azospirillum brasilense* ve *Azotobacter chroococcum* mikrobiyal gübrelere göre biyokütleyi artırdığı tespit edilmiştir. Farklı türlerde yapılan fidanlık çalışmasında mikrobiyal gübre uygulamasının kontrol uygulamasına göre kök ve sürgün gelişimi, fidan kalitesi ve biyokütle artışı sağladığı bildirilmiştir (Deshmukh ve ark., 2007). Ortamlar arasında en yüksek kök kuru ağırlığı ve toplam fidan kuru ağırlığı değerleri OT ortamından (sırasıyla 4.14 ve 6.81 g), en düşük ise K ortamından (sırasıyla 2.47 ve 4.21 g) elde edilmiştir. İşlem x ortam etkileşimini incelendiğinde; en yüksek kök kuru ağırlığı değerleri, MT ve aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT uygulamasından elde edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerler ise SOT (8.43 g) ve MT uygulamasında (7.43 g) saptanmıştır (Çizelge 6).

Çalışmada ele alınan işlemler arasında katlılık oranı indisi bakımından mikrobiyal karışım uygulamasından elde edilen değer, diğer işlemlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Yetiştirme ortamları arasında ise en yüksek katlılık oranı indisi değerleri 0.79 ile O ortamında tespit edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığının tersine en düşük değer 0.67 ile OT ortamında belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında ise en yüksek katlılık oranı indisi değeri ST, en düşük ise MT uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 6). Gövde kök oranı (katlılık oranı indisi), fidanların toprak altı ve üstü kısımları arasındaki dengeyi belirtmektedir. Katlılık oranı indisi 2 ve 3 olan fidanlar, transpirasyonla kaybettikleri suyu kökleriyle alabilmektedirler. Bu oran 3'ün üzerinde olduğunda ise özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde bitki su gerilimi artmakta ve fidanlar zarar görebilmektedir. Bu nedenle, kurak bölgelerde yapılacak ağaçlandırmalarda daima katlılık oranı indisi 3 ve 3'ün altında olan fidanların kullanılması tavsiye edilmektedir (Genç ve Yahyaoğlu, 2007). Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) populasyonlarında katlılık oranı indisi değerlerinin 3'ün altında ve kök gelişimlerinin iyi olduğu belirlenmiştir (Gülseven ve ark., 2019). Bu çalışmada katlılık oranı indisi değerlerinin 1.04'ün altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Mikrobiyal karışım uygulaması Dickson kalite indeksi özelliğini artırmıştır. Ortamlar arasında da en yüksek değer OT ortamından elde edilmiştir. Toplam fidan kuru ağırlığı özelliği ile benzer şekilde en yüksek Dickson kalite indeksi değerleri aralarında istatistiksel fark bulunmayan SOT ve MT uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 6). Dickson kalite indeksi değeri gelişim ve yaşama yüzdesi (arazi performansı) için fidanın potansiyel gücünü açıklayan bir değer kabul edilmiştir ve bu değer ne kadar büyükse o kadar iyi kabul edilmektedir (Mañas ve ark., 2009).

Fidan kalitesi ile ilgili parametreler değerlendirildiğinde; işlemlerden mikrobiyal karışım uygulamasının ve ortamlardan ise orman toprağı ve orman+torf

karışımının fidan kalitesi üzerine olumlu etki ettiği tespit edilmiştir. En düşük fidan kalitesi kestane toprağında yetiştirilen fidanlarda belirlenmiştir. Bu bulgular, kestane toprağının ortam olarak tek başına kullanıldığında çöğür gelişiminin zayıf olduğunu bildiren Serdar ve ark. (1996)'nın bulguları ile benzerdir.

Fidan yaşama oranı üzerine işlem, ortam ve bunların interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 7'de görüldüğü gibi fidan yaşama oranları %94.37-98.61 değerleri arasında değişmiştir.

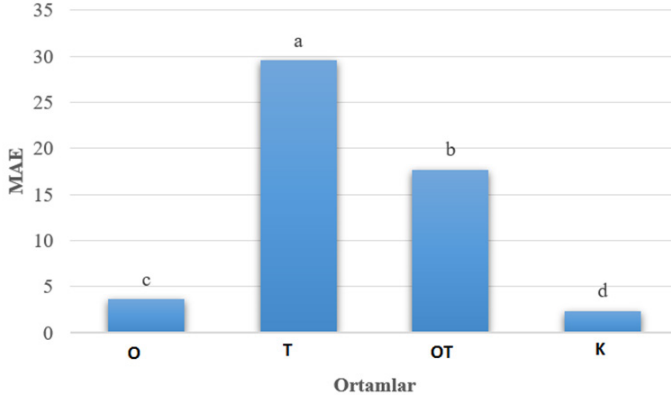
Çizelge 7. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, aşılınmamış ve steril edilmiş farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının fidan yaşama oranları (%)

Table 7. Seedling survival rates (%) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) grown in different growing media that inoculated-, uninoculated with microbial mixture and sterilized

Ortam	İşlem			Ortalama
	M+	M-	S	
O	96.38 ± 2.14	98.61 ± 1.39	96.08 ± 2.15	97.02±3.13
T	96.29 ± 0.08	96.25 ± 2.14	95.71 ± 2.41	96.08±2.80
OT	96.77 ± 1.81	97.62 ± 2.38	97.15 ± 1.43	97.18±2.89
K	94.37 ± 1.36	97.27 ± 1.37	95.51 ± 2.52	95.72±3.03
Ortalama	95.95±2.50	97.44±2.91	96.11±3.27	

M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, S: Steril edilmiş, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı

Mikorizal aşılama etkinliği, mikrobiyal karışım ile aşılınan ortamlardaki fidanların mikrobiyal karışım ile aşılınmayan ortamlardaki fidanlarla karşılaştırılması ile belirlenmiştir. Yetiştirme ortamlarının mikorizal aşılama etkinliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek mikorizal aşılama etkinliği, mikrobiyal karışım uygulanan torf ortamında (%29.54), en düşük ise mikrobiyal karışım uygulanan kestane toprağında (%2.38) tespit edilmiştir (Şekil 1). Kibar ve Pekşen (2011), ektomikorizal bir mantar olan *Lactarius pyrogalus* türünün farklı izolatları ile yaptıkları inokülasyon uygulamaları sonucunda fındık fidanlarında en düşük ve yüksek mikorizal aşılama etkinliği değerlerini sırasıyla %5.54 ve 33.99 olarak belirlemişlerdir. Steril edilen ortamlara *H. crustuliniforme* aşılınması sonucunda da sedir fidanlarının mikorizal aşılama etkinliği değerleri %12.8-23.3 olarak bulunmuştur (Tüfekçi, 2007). Ticari mikrobiyal karışım olmasına rağmen özellikle T ve OT ortamlarındaki mikorizal aşılama etkinlik değerlerinin bu araştırmacıların tespit ettikleri değerlere benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Mikorizal aşılama etkinlikleri. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Figure 1. Mycorrhizal inoculation efficiency. There is a significant difference at the $p < 0.05$ level between the averages shown with different letters.

Steril edilen ortamlarda mikorizal mantarlar tespit edilemediğinden enfeksiyon yüzdesi sadece M- ve M+ işlemleri uygulanan ortamlarda verilmiştir. Mikrobiyal karışım uygulanmayan ve mikrobiyal karışım uygulanmış ortamların endomikoriza ve ektomikoriza enfeksiyon oranları Çizelge 8'de, mikorizal enfeksiyon oranları ise Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Mikrobiyal karışım ile aşılınmış ve aşılınmamış farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının endomikoriza ve ektomikoriza enfeksiyon oranları (%)

Table 8. Endomycorrhiza and ectomycorrhiza infection rates (%) of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated- and uninoculated with microbial mixture

Ortam	M-			M+		
	Endomikoriza	Ektomikoriza	Toplam	Endomikoriza	Ektomikoriza	Toplam
O	5.5	16.0	21.5	12.5	18.5	31.0
T	2.5	13.5	15.5	13.5	33.5	47.0
OT	1.0	7.3	8.3	4.5	19.5	24.0
K	2.5	10.0	12.5	4.5	17.0	21.5

M+: Mikrobiyal karışım ile aşılınmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı

Çalışmada; mikrobiyal karışım uygulamasının mikorizal enfekte oranları, herhangi bir işlem yapılmayan M- işlemine göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ortamlar içinde ise en yüksek enfeksiyon değerleri O ve T ortamlarında saptanmıştır. İşlem x ortam interaksyonu incelendiğinde; en yüksek mikorizal enfeksiyon %47.00 ile MT uygulamasında belirlenmiştir. Bunu %31.00 ile MO uygulaması izlemiştir. En düşük mikorizal enfeksiyon değerleri herhangi bir işlem yapılmayan OT uygulamasında %8.34 olarak belirlenmiştir. Mikrobiyal karışım uygulaması yapılan tüm ortamlarda mikorizal enfeksiyon yüzdesi artmıştır (Çizelge 9). En yüksek artış 31.50 birim ile T ortamında tespit edilmiştir. Bunu 15.66'lık artış ile OT ortamı izlemiştir. Mikrobiyal karışım uygulaması ile O ortamında 9.50 ve K ortamında 9.00 birimlik bir artış sağlanmıştır. Bolkar dağlarından seçilmiş olan 5 ayrı kızılçam popülasyonunda 3 mantar türünün steril koşullarda kültürleri elde edilmiş ve bunların kızılçam tohumlarına aşılansıyla fidanları üretilmiştir. Kızılçam fidan köklerindeki mikorizal enfeksiyon oranı %61.4 olarak belirlenmiştir (Tüfekçi ve ark., 2007). Guerin-Laguette ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada orman toprakları ve perlit-vermikülit karışımı yetiştirme ortamlarına mikoriza aşılansması sonucu elde edilen enfeksiyon oranlarının %35-80 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu çalışmada belirlenen enfeksiyon yüzdeleri bu araştırmacıların bulgularına göre daha düşük bulunmuştur. Mikorizal etkinlik biyotik ve abiyotik birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, en önemli husus bitki-mantar uyumudur. Doğal ortamdan elde edilen mikorizanın kullanılması ticari mikorizaya göre daha etkindir. Ancak mikorizanın doğadan izole edilmesi zordur ve kullanımı pratik değildir. Ticari mikorizaların kullanımı daha pratik olmakla birlikte bitki mikoriza uyumuna bağlı olarak etkinlikleri değişebilmektedir.

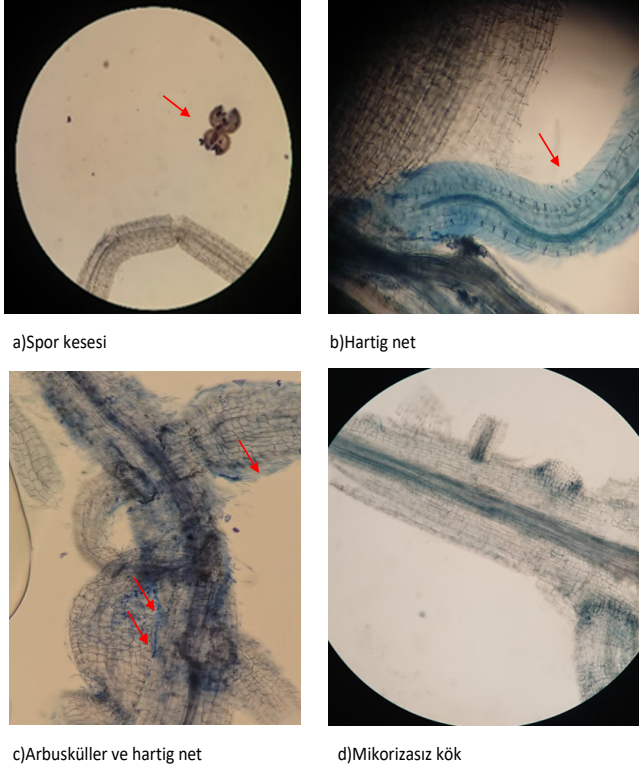
Çizelge 9. Mikrobiyal karışım ile aşılansmış ve aşılansmamış farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) fidanlarının mikoriza enfeksiyon oranları (%)

Table 9. *Mycorrhiza infection rates (%) of Anatolian chestnut (Castanea sativa Mill.) seedlings grown in different growing media that inoculated- and uninoculated with microbial mixture*

Ortam	İşlem		Ortalama
	M-	M+	
O	21.50±0.71bcd	31.00±7.07b	26.25±6.85a
T	15.50±2.12cde	47.00±7.07a	31.25±18.68a
OT	8.34±0.47e	24.00±4.24bc	16.17±9.37b
K	12.50±2.12de	21.50±2.12bcd	17.00±5.48b
Ortalama	14.46±5.26b	30.88±11.42a	

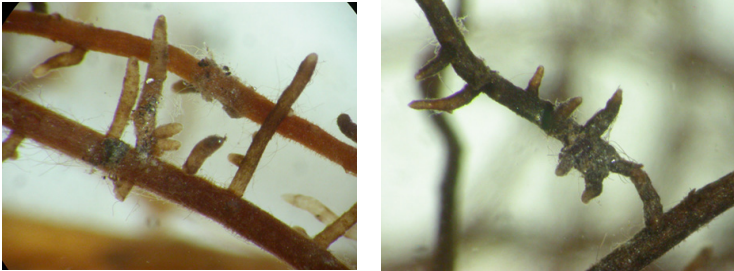
M+: Mikrobiyal karışım ile aşılansmış, M-: Mikrobiyal karışım uygulanmamış, O: Orman toprağı, T: Torf, OT: orman+torf karışımı (1:1, v/v), K: Kestane toprağı. Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır.

Kestane köklerine ait ışık mikroskobu ve stereo mikroskop inceleme görüntüleri Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Kestane köklerinin ışık mikroskobu görüntüleri

Figure 2. Light microscope images of chestnut roots



Şekil 3. Kestane köklerinin stereo mikroskop görüntüleri

Figure 3. Stereo microscope images of chestnut roots

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mikrobiyal karışım uygulaması fidanların kök boğazı çapı, kök yaş ve kuru ağırlığı, toplam fidan kuru ağırlığı ve Dickson kalite indeksi özelliklerinde artışa neden olmuşlardır. Mikrobiyal karışım içinde yer alan ekto- ve endo-mikorizal mantarlar nedeniyle mikrobiyal aşılama yapılan fidanlarda mikoriza enfeksiyon oranının da arttığı tespit edilmiştir. Fidan morfolojik özellikleri bakımından yetiştirme ortamları karşılaştırıldığında en iyi sonuçlar orman ve orman+torf karışımından (1:1, v/v) elde edilmiştir. En düşük fidan kalitesi kestane toprağında yetiştirilen fidanlarda belirlenmiştir. İşlem x ortam interaksyonunu incelendiğinde ise mikrobiyal karışım uygulanan orman+torf ortamı, mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağı ve torf ortamlarında yetiştirilen fidanların daha kaliteli olduğu saptanmıştır.

Kestane toprağı dışında diğer ortamların steril edilerek kullanılması da fidan kalitesinin artmasında etkili olmuştur. Ancak sterilizasyonun pahalı ve zor bir yöntem olduğu düşünüldüğünde mikrobiyal karışım kullanmak daha ucuz ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle tercih edilebilir bulunmuştur. Aynı şekilde torfun pahalı olması düşünüldüğünde fidanlıklarda mikrobiyal karışım uygulanan orman toprağının veya mikrobiyal karışım uygulanan orman+torf karışımının kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu makale, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde yürütülen 03.1213(2019-2021) numaralı araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): YZ(%35), AP(%40), AİK(%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): YZ(%35), AP(%5), AİK(%20), ÖD(%25), HT (%15)

Veri Analizi (Data Analysis): YZ(%20), AP(%75), ÖD(%5)

Makalenin Yazımı (Writing Up): YZ(%30), AP(%70)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): YZ(%10), AP(%90)

KAYNAKLAR

- Akyüz, B., Serdar, Ü., 2020. Generative rootstock potential of some hybrid chestnut genotypes. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35: 185-191.
- Asif, M., Lone, S., Lone, F.A., Hamid, A., 2013. Field performance of Blue pine (*Pinus wallichiana*) seedlings inoculated with selected species of bio-inoculants under nursery conditions. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(1): 632-640.
- Atılğan, H., Mısırlı, A., Özaktan, H., Şen, F., Bilgin, N. A., 2019. Bakteri ve kompost çayı uygulamalarının Salihli kiraz çeşidinde meyve özellikleri, verim ve besin elementi içeriklerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(4): 409-415.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H.B., Çelik, E.N.Y., Gülseven, O., Yılmaz, E., 2021. Etkili mikroorganizmaların tüplü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1): 294-305.
- Aydın, M.H., 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta *Trichoderma*'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2): 135-148.
- Bagyaraj, D.J., Manjunath, A., Govida Rao, V.S., 1988. Mycorrhizal inoculation effect on marigold, egg plant and citrus in a Indian soil. *J. Soil Biol. Ecol.*, 8: 98-103.
- Baum, C., Stetter, U., Makeschin, F., 2002. Growth response of *Populus trichocarpa* to inoculation by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in a pot and fiels experiment. *For Ecol Manag.*, 163: 1-8.
- Berg, G., 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 84: 11-18.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Orman Ürünlerinden Faydalanma Ders Kitabı. İ.Ü. Orman Fak. Üniversite Yayın No: 3946, Orman Fak. Yayın No:437, ISBN 975-404-422-8. S.346.
- Denli, Ö., Eler, Ü., Çalikoğlu, M., Özbey, A.A., Erkan, S., Türkan, M., Çelebi, F., 2020. Ekim Yastıklarında Farklı Kapatma Materyallerinin Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Fidanlarında Mikorizal Kök Oluşumuna Etkisi, OGM Proje Sonuç Raporu.
- Deshmukh, A.M., Khobragade, R.M., Dixit, P.P., 2007. Handbook of Biofertilizers and Biopesticides. Oxford Book Company 267, 10-B-Scheme, Opp. Narayan Niwas, Gopalpura By Pass Road, Jaipur-302018, 326 p.
- Dunabeitia, M., Rodriguez, N., Salcedo, I., Sarrionandia, E., 2004. Field Mycorrhization and its influence on the establishment and development of the seedlings in a broadleaf plantation in the Basque Country. *Forest Ecology and Management*, 195: 129-139.
- Fezyoğlu, F., Şahin, H.A., Aksu, Ö.V., Eren, N., 2010. Kap Tiplerinin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarının Çeşitli Morfolojik Özellikleri ile İlk Yıllardaki Arazi Başarısına Etkisi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 395, Teknik Bülten No: 23, Trabzon.
- Genç, M., Yahyaoğlu, Z., 2007. Fidan Standardizasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 75, Isparta, 555 s.
- Giovannetti, M., Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3): 489-500.
- Guerin-Laguette, A., Conventi, S., Ruiz, G., Plassard, C., Mousain, D., 2003. The ectomycorrhizal symbiosis between *Lactarius deliciosus* and *Pinus sylvestris* in forest soil samples: Symbiotic efficiency and development on roots of a rDNA internal transcribed spacer-selected isolate of *L. deliciosus*. *Mycorrhiza*, 13(1): 17-25.
- Gülseven, O., Ayan, S., Özel, H.B., Yer, E.N., 2019. Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) popülasyonlarına ait fidanların morfolojik ve fizyolojik karakteristikleri. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3): 180-186.
- İpek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M., Şahin, F., 2014. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), yüksek kireçli toprak koşullarında çileğin verimini, büyümesini ve beslenmesini artırır. *Bitki Besleme Dergisi*, 37(7): 990-1001.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2007. Ektomikorizanın tarım ve ormancılık bakımından önemi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22(2): 232-238.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2011. *Lactarius pyrogalus* mantar türünün farklı izolatlarının ve inokulasyon uygulamalarının fındık (*Corylus avellana*) fidanında ektomikoriza oluşumu ve fidan gelişimi üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 7(2): 89-104.
- Kibar, B., Pekşen, A., 2016. *Lactarius pyrogalus*'un değişik inokulum uygulamalarının fındıkta (*Corylus avellana*) bitki gelişimi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2): 191-198.
- Koide, R.T., Mosse, B., 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14: 145-163.
- Koske, R.E., Gemma, J.N., 1989. A modified procedure for staining roots to detect VAM. *Mycological Research* 92: 486-505.
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., Nagy, E., 2003. *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Food Technology and Biotechnology*, 41(1): 37-42.
- Lu, X., Malajczuk, N., Dell, B., 1998. Mycorrhiza formation and growth of *Eucalyptus globulus* seedlings inoculated with spores of various ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 8: 81-86.

- Mañas P., Castro E., Heras, J., 2009. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. *New Forests*, 37: 295-311.
- OGM, 2020. Orman Genel Müdürlüğü (ogm.gov.tr). Türkiye Orman Varlığı, Ankara.
- Owen, D., Williams, A.P., Griffith, G.W., Withers, P.J.A., 2015. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology*, 86: 41-54.
- Özkale, E. (2017). Tarımsal üretimde yararlanılan *Trichoderma* ürünleri ve metabolitleri. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2): 123-136.
- Parlak, S., Güner, D., 2017. Mikrobiyal gübre uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) fidanlarının bazı morfolojik özelliklerine etkisi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 4(2): 100-106.
- Pera, J., Alvarez, I. F., Rincon, A., Parlade, J., 1999. Field performance in northern Spain of Douglas-Fir seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 9: 77-84.
- Pırlak, İ.T., 2012. Defne (*Laurus nobilis* L.) ve Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) Türlerinin Büyüme ve Gelişmesi Üzerine Ortam ve Mikoriza Aşılmasının Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Beslenme A.B.D.Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Rose, R., Carlson, W.C., Morgan, P., 1990. The target seedling concept. Target Seedling Symposium, Proceeding, Combined Meeting of the Western Forest Nursey Associations, August 13-17, 1990, Reseburg, Oregon, (Rose, R., Campbell, S. J., Landis, T. D., eds), USDA Forest Service General Technical Report RM-200: 1-8.
- Serdar, Ü., Beyhan, N., Bilgener, Ş., 1996. Tüplü kestane fidanı üretiminde değişik yetiştirme ortamlarının kestane tohumlarının çıkış ve çöğür gelişimleri üzerine etkileri. Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu, 10-11 Ocak, 205-211, Samsun.
- Sumana, D.A., Bagyaraj, D.J., 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (*Azadirachta indica* A. Juss). *Indian J. Microbiol.*, 42(4): 295-298.
- Tayal, P., Kapoor, R., Bhatnagar, A.K., 2011. Functional synergism among *Glomus fasciculatum*, *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on *Fusarium* wilt in tomato. *Journal of Plant Pathology*, 93(3): 745-750.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., Pekşen, A., Altundağ Çakır, E., 2017. Mikorizal mantar uygulanan saçlı meşe (*Quercus cerris*) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Life Sciences*, 2(2):157-164.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., Pekşen, A., Çakır, E.A., 2018. Farklı mikorizal işlem uygulanan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi, 14(1): 30-44.
- Tsimilli-Michael, M., Strasser, R., 2008. In vivo assessment of stress impact on plants' vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants. In: Varma, A. (ed.) *Mycorrhiza: State of the art, genetics and molecular biology, eco function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics*, pp.679-703. 3rd ed., Springer.
- Tuttu, G., Ursavaş, S., Söyler, R., 2021. Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.)'nin etnobotanik kullanımı ve Türkiye'deki hasat miktarlarının trend analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 23-33.
- Tüfekçi, S., 2007. Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), 179s, Adana.
- Tüfekçi, S., Ortaş, İ., Özkurt, N., 2007. Bolkar dağları doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde mikorizal mantarların tespiti ve aşılama uygulaması. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 342, DOA Yayın No: 44, Tarsus.
- Tüfekçi, S., Gürlevik, N., Polat, O., Topal, A., Polat, S., Gültekin, H.C., 2016. Yerel mikorizal türlerle aşılamanın saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) fidanı gelişimine etkileri. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 1(3A): 38-49.
- Yadav, A., Yadav, K., Aggarwal, A., 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2): 444-454.
- Yahyaoglu, Z., Genç, M., 2007. Kalite Sınıflaması Çalışmaları ve Türkiye İçin Öneriler, Fidan Standardizasyonu (Standart Fidan Yetiştirme Teknik ve Biyolojik Esasları), Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 75, Isparta (Türkiye).



Exploring Catalase Activity as A Biological Indicator in Degraded Soils

Degrade Topraklarda Katalaz Aktivitesinin
Biyolojik Bir Gösterge Olarak Araştırılması

Fevziye Şüheda HEPŞEN TÜRKAY¹, Murat DURMUŞ², Tuğrul YAKUPOĞLU³

¹Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Kırşehir
· suheda.turkay@ahievran.edu.tr · ORCID > 0000-0002-9413-264X

²Ondokuz Mayıs University, Rectorate Unit, Samsun
· muratdrms@gmail.com · ORCID > 0000-0001-5441-8048

³Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Yozgat
· tugrul.yakupoglu@bozok.edu.tr · ORCID > 0000-0003-4291-3046

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 28 Ocak/January 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 28 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 401-417

Atıf/Cite as: Hepşen Türkay, F.Ş., Durmuş, M., Yakupoğlu, T. "Exploring Catalase Activity as A Biological Indicator in Degraded Soils" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 401-417.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fevziye Şüheda HEPŞEN TÜRKAY

EXPLORING CATALASE ACTIVITY AS A BIOLOGICAL INDICATOR IN DEGRADED SOILS

ABSTRACT

This study examines the relationship between catalase activity in degraded soils and soil properties, and addresses its potential as an indicator of soil health and productivity. Catalase, a key enzyme reflecting microbial activity and soil aeration, has been analyzed in 30 soil samples collected from the disturbed surface layer (0-15 cm depth) of erosion-prone areas characterized by rubble accumulation on hill slopes and soil compaction in foot slopes. The soil in the study area is classified as Typic Xerortent. Catalase enzyme activity in the soil samples varied between 10.4 and 48 $\mu\text{l O}_2 \text{ g}^{-1}$ dry soil. In addition to catalase, the physicochemical properties of the soil were also assessed, including pH, electrical conductivity, organic matter content, and texture. Nutrient contents, including nitrogen (0.046-0.239 g N 100 g^{-1}), phosphorus (1.77-20.05 $\mu\text{g P g}^{-1}$), and potassium (0.01-3.31 meq K 100 g^{-1}), were also measured. A positive correlation was observed between catalase activity and potassium and phosphorus levels, but the relationship with nitrogen was statistically insignificant. These findings suggest that catalase activity can serve as a biological indicator for the early detection of degradation in soils at risk of erosion. The study provides valuable insights into the impact of erosion on soil biochemistry and highlights the role of catalase in assessing soil health and guiding sustainable land management practices.

Keywords: Catalase Activity, Macro Nutrients, Soil Degradation and Enzyme.



DEGRADE TOPRAKLARDA KATALAZ AKTİVİTESİNİN BİYOLOJİK BİR GÖSTERGE OLARAK ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışma, degrade topraklardaki katalaz aktivitesi ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemekte ve toprak sağlığı ve verimliliğinin bir göstergesi olarak potansiyelini ele almaktadır. Mikrobiyal aktiviteyi ve toprak havalanmasını yansıtan anahtar bir enzim olan katalaz, toprak sıkışması ile karakterize edilen ayak yamaçlarındaki ve tepe yamaçlarında moloz birikimi ile karakterize edilen erozyona hassas alanların bozulmuş yüzey tabakasından (0-15 cm derinlik) toplanan 30 toprak örneğinde analiz edilmiştir. Çalışma alanındaki toprak Tipik Xerortent olarak sınıflandırılmıştır. Toprak örneklerinde katalaz enzim aktivitesi 10.4 ile 48 $\mu\text{l O}_2 \text{ g}^{-1}$ kuru toprak arasında değişiklik göstermiştir. Katalazın yanı sıra toprak fizikokim-

yasal özellikleri de değerlendirilmiştir; bunlar pH, elektriksel iletkenlik ve organik madde içeriği gibi özelliklerdir. Azot ($0.046-0.239 \text{ g N } 100 \text{ g}^{-1}$), fosfor ($1.77-20.05 \text{ } \mu\text{g P g}^{-1}$) ve potasyum ($0.01-3.31 \text{ meq K } 100 \text{ g}^{-1}$) da dahil olmak üzere besin içerikleri de ölçülmüştür. Katalaz aktivitesi ile potasyum ve fosfor seviyeleri arasında pozitif bir korelasyon gözlemlenmiştir, ancak azot ile ilişki istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu bulgular, katalaz aktivitesinin erozyon riski taşıyan topraklarda bozulmanın erken tespiti için bir biyolojik gösterge olarak hizmet edebileceğini öne sürmektedir. Çalışma, erozyonun toprak biyokimyası üzerindeki etkisine dair değerli bilgiler sağlamakta ve katalazın toprak sağlığını değerlendirme ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarını yönlendirmedeki rolünü vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Katalaz Aktivitesi, Makro Besinler, Toprak Bozulması ve Enzim.



1. INTRODUCTION

Sustainable land management in semi-arid regions is crucial for enhancing soil quality and mitigating the negative impacts of improper soil management (Shrestha, 2015). Low levels of soil organic matter in these regions can lead to persistent deterioration of soil quality. Soil organic matter plays a significant role in countering the negative impacts of improper soil management and use (Adams, 1973). Additionally, soil moisture is vital for vegetation growth and ecosystem sustainability in semi-arid regions (Zhao et al., 2018). Furthermore, the creation of permanent planting basins has been identified as a common soil and water conservation practice that enhances water harvesting and precision application of fertility amendments, thereby improving soil quality (Marumbi et al., 2023). The preservation of soil quality is crucial, especially in ecosystems where human activities exacerbate soil degradation and desertification. Human activities, such as unsustainable soil management practices, pollution, waste disposal, and increasing extreme weather events, have led to widespread and increasing rates of soil degradation globally (Ma et al., 2022; Dengiz and Demirağ-Turan, 2023; Kaya et al., 2023). Erosion stands as one of the principal causes of such degradation. Consequently, it is vital to investigate sensitive biomarkers linked to the degradation and desertification of soils.

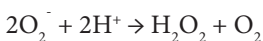
The slow alteration of soil organic matter levels necessitates long observation periods to detect changes resulting from exposure. Consequently, research is being conducted to demonstrate that soil biological properties can serve as early and sensitive indicators of soil ecological stress or restoration (Kandziora-Ciupa et al., 2021). This is particularly important as soil degradation and restoration processes are complex and can take a long time to manifest observable changes in soil

organic matter levels (Rodríguez et al., 2018; Ramazanoglu, 2023). The levels of enzymes and organic matter strongly impact soil biological properties, making them potential indicators of soil ecological stress or restoration (Kandziora-Ciupa et al., 2021). Additionally, the recovery of soil organic matter and soil biological properties following disturbances such as wildfires or land use changes can provide insights into the potential use of soil biological properties as early indicators of soil ecological stress or restoration (Rodríguez et al., 2018; Baligh et al., 2021; Panico et al., 2022; Kimmell, 2023; Wu et al., 2023).

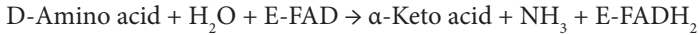
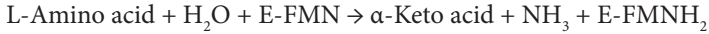
Soil biological properties, including microbial activity, microbial biomass, and enzyme activities, are sensitive to changes in soil organic matter and can be used as indicators of soil ecological stress or restoration (Marshall et al., 2018; Baligh et al., 2021; Kandziora-Ciupa et al., 2021; Sainju et al., 2021; Panico et al., 2022; Kimmell, 2023; Wu et al., 2023). For instance, the soil microbial community responds rapidly to changes in environmental conditions, indicating its potential as an early indicator of soil ecological stress or restoration (Mukherjee et al., 2022). Furthermore, the addition of organic matter directly affects soil carbon, nitrogen, and phosphorus, which are crucial components of soil biological properties and indicators of soil health (Xuefeng et al., 2023). The impact of vegetation restoration on soil quality and the soil microbial community also highlights the potential of soil biological properties as early indicators of soil ecological stress or restoration (Guan and Fan, 2020; Liu et al., 2021; Wu et al., 2023).

Soil enzyme activity shows a considerable correlation with the soil's physical and chemical properties. These enzyme activities are early indicators of shifts in the degree of soil degradation and variations in the intensity of biological processes (Adetunji et al., 2017; Geng et al., 2022; Singh et al., 2022). Soil biological and biochemical parameters, thus, offer a means to assess the extent of soil degradation.

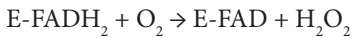
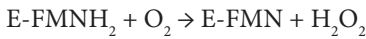
The evaluation of catalase enzyme activity relies on the principle of determining the released O_2 . Catalase is an enzyme present in most aerobic and facultative anaerobic bacteria, but notably absent in obligate anaerobic bacteria (Kim et al., 2016). This absence of catalase in obligate anaerobic bacteria is a key factor in their ability to cope with changing oxygen levels during infection, as they cannot survive in the presence of oxygen (Andre et al., 2021). Additionally, the presence of catalase in aerobic and facultative anaerobic bacteria is a crucial factor in their ability to scavenge reactive oxygen species, thereby minimizing the effects of free radicals (Watthanasakphuban et al., 2023). There is a significant correlation between catalase activity and soil organic carbon content (Hu et al., 2020). Hydrogen peroxide (H_2O_2), induced by various processes, is toxic to cells. Oxygenated cells generally contain enzymes that convert superoxide into molecular oxygen and H_2O_2 .



Enzyme systems such as L- and D-amino acid oxidases, which involve prosthetic groups like FMN or FAD, catalyze the removal of oxidative amino groups from amino acids.



The reduced forms of these oxidases facilitate the re-oxidation reaction with molecular oxygen, producing H_2O_2 .



Catalase enzyme activity is an indicator of microbial activity in soil and is influenced by the soil's physical, chemical, and biological properties, all of which play crucial roles (Ekberli & Kizilkaya, 2006). Low microbial activity results in a decrease in both macro- and micro-organisms, impacting the associated soil food-web dynamics. High catalase enzyme activity, which catalyzes the degradation of H_2O_2 , indicates favorable soil conditions for aerobic microflora (Lemanowicz et al., 2020).

Intracellular catalase enzyme (EC 1.11.1.6) is a vital heme-containing enzyme that plays a crucial role in cellular defense mechanisms by catalyzing the decomposition of hydrogen peroxide (H_2O_2) into water and molecular oxygen (Chakravarti et al., 2015). Reactive oxygen species (ROS), which are formed as by-products during aerobic respiration in various cellular systems, represent a cost that aerobic organisms must bear due to the high efficiency of O_2 -dependent respiration metabolism (Mogen et al., 2017). The production of ROS can lead to oxidative stress, which can have detrimental effects on cellular components and functions (Imlay, 2015). Soil catalase activity has been found to exhibit significant correlations with certain soil chemical properties, including macro and micronutrient contents, suggesting a potential association between catalase activity and soil productivity (Sun et al., 2019).

The role of catalase in cellular defense against oxidative stress is well-documented. Catalase plays a critical role in protecting cells from the harmful effects of ROS, which can cause oxidative damage to cellular components such as lipids, proteins, and DNA. The ability of catalase to decompose H_2O_2 into water and oxygen helps to mitigate the potential cytotoxic effects of ROS, thereby contributing to the maintenance of cellular redox homeostasis (Chakravarti et al., 2015).

The interplay between soil catalase activity and various soil chemical properties, such as macro and micronutrient concentrations, is indicative of a potential relationship between this enzyme activity and soil fertility (Sun et al., 2019). Zhang et al. (2020), have further explored this by examining soil enzyme behaviors under varying flooding conditions, uncovering their sensitivity to alterations in the soil's active organic carbon makeup. This finding underscores the significant role that soil chemical characteristics play in governing enzyme activities.

The health of the soil is critically influenced by the properties of its microorganisms and their enzymes. These biological components are quick to react to environmental shifts, especially those leading to degradation, more so than soil's physical or chemical properties. Support this assertion, pointing out those factors like plant types, fertilization methods, and land management strategies exert considerable influence on the soil's microbial biomass and enzymatic activity. A pivotal concern in this context is soil erosion, identified globally as a primary driver of soil degradation (Poesen, 2017; Fokeng et al., 2020; Wei et al., 2024).

In concluding, it is evident that catalase, an enzyme pivotal in defending cells against oxidative stress, is subject to various environmental and cellular influences. The link between its activity in soil and the soil's chemical makeup not only underscores its potential effect on soil productivity but also on nutrient cycling processes. The adverse effects of soil erosion, a significant ecological challenge, extend to soil microbial attributes and enzyme activities. Hou et al. (2014) document a marked decline in microbial populations, diversity, biomass, and enzymatic activities associated with soil erosion. Erosion inversely affects microbial activity, primarily due to soil structure degradation, reduced aggregate stability, and nutrient loss (Dungait et al., 2013; Li et al., 2015; Xiao et al., 2018). The erosion also diminishes organic matter and humus in topsoil, thereby impairing conditions necessary for proper aeration, further impacting microbial activity (Xu et al., 2020). Consequently, erosion establishes a scenario where it is inversely proportional to microbial activity.

The objectives of this study were to (i) document the differentiation in catalase activity (CA) among thirty soil samples collected from the Avsar Campus, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, which is an eroded and erosion research area in Turkey, and (ii) determine the relationships between CA and the NPK (nitrogen, phosphorus, potassium) content of these soils. To this end, 30 soil samples were collected from the disturbed surface layer (0-15 cm depth) of the study area. The primary aim of this study is to evaluate the potential of catalase activity as a biological indicator for the early detection of degradation in eroded soils at risk of soil degradation and to understand its relationship with soil plant nutrient elements.

2. MATERIAL AND METHOD

Soil samples were collected from the plot area of Avsar Campus, Kahramanmaraş Sutcu Imam University (KSU), approximately 10 km west of the Kahramanmaraş city center, Turkey (Figure 1). The sampling operation was conducted during the winter months when the soil surface was snow-covered. The study area is slated to be transformed into the Erosion Research Area in the near future (KSU-ERA).



Figure 1. The study area in KSU on the Türkiye map (Google Earth Pro, 2024)

The study area is located at an elevation of 483-513 meters above sea level (Figure 2). The average annual temperature and precipitation are 16.5 °C and 710 mm, respectively. The soil temperature and moisture regimes are classified as mesic and xeric, respectively. The soil has been classified as Typic Xerorthent (Gundogan et al., 1997). Despite its relatively small size, the area exhibits varied soil properties due to differences in plant cover (ranging from weak forest and shrub to grass or bare surface) and topographic aspects. Notably, there is significant soil compaction in the foot slope and rubble accumulation on the hillslope.

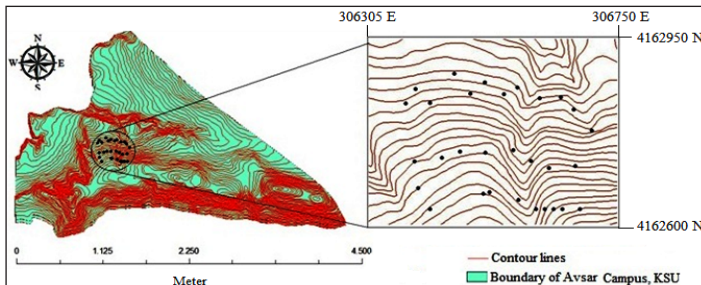


Figure 2. Soil sampling field on the contour topographic map of Avsar Campus (Yakupoğlu & Gündoğan, 2015)

For the purpose of this study, 30 soil samples were collected from the disturbed surface layer (0-15 cm depth) of the study area. Field-moist samples from both sampling batches were manually crumbled and sieved (<2 mm) to remove root material. Each sample was thoroughly mixed and stored at field humidity in polyethylene bags at 4 °C until analysis. The samples were transported to the laboratory on the same day and refrigerated at 4 °C for no longer than 72 hours prior to analysis.

Catalase Activity (CA) was measured using the method described by Beck (1971). For this procedure, 10 ml of phosphate buffer (pH 7) and 5 ml of a 3% H₂O₂ substrate solution were added to 5g of soil. The volume (ml) of O₂ released within 3 minutes at 20 °C was determined. Three replicates of each sample were tested. Controls were similarly tested but with the addition of 2 ml of 6.5% (w/v) NaN₃. Results were expressed as µl O₂ g⁻¹ dry soil.

One sample was taken from each point, but the analyzes were carried out in three replicates on that sample. All results are reported as the mean value of three replicate determinations, calculated on an oven-dry basis. Soil moisture content was determined by the weight loss after drying the soil at 105 °C for 24 hours. Statistical analyses were performed using the TARIST software package. Physico-chemical analyses were conducted on air-dried samples, stored at room temperature, after removing crop residues, root fragments, and rocks larger than 2 mm in diameter. Selected soil physico-chemical properties are presented in Table 1.

Table 1. Procedures for analyzing general soil properties of study soil samples (Kacar, 1994; John Ryan, 2001)

Analyses	Methods
Texture	Bouyoucos Hydrometer
pH	1:1 (w/v) pH-meter
EC	1:1 (w/v) EC-meter
CaCO ₃ , g kg ⁻¹	Scheibler calcimeter
SOM, g kg ⁻¹	Walkey-Black method
Total N, %	Kjeldahl method
Si, g kg ⁻¹	Acid amonium oxalate
P, µg g ⁻¹	Flamefotometric
Av- P, µg g ⁻¹	Olsen method
Ex- K, cmolc kg ⁻¹	1 N NH ₄ OAc extraction

2.1. Statistical Analysis

In this study, correlation analysis was used to examine the relationships between two variables. Specifically, we investigated the interactions between CA-N, CA-P, and CA-K. The R^2 (coefficient of determination) values were calculated to assess the explanatory power of these interactions on the dependent variable. A higher R^2 value indicates a stronger relationship and greater explanatory power. The statistical analysis was conducted using TARIST (1994) statistical software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics of the study soils are presented in Table 2. According to this table, the maximum clay, silt, and sand contents were found to be 264, 607, and 654 g kg⁻¹ respectively, while the minimum values were 38, 258, and 197 g kg⁻¹ in the same order. Soil Organic Matter (SOM) and CaCO₃ contents ranged between 9.8-47.0 and 6.6-224 g kg⁻¹, respectively. Cation Exchange Capacity (CEC) values varied from 22.78 to 97.60 cmolc kg⁻¹. The mean N, P, and K contents of the soils were determined as 0.124%, 8.36 µg g⁻¹, and 1.77 cmolc kg⁻¹, respectively. The CA of the study soils was measured at a minimum of 10.4 µl O₂ g⁻¹ and a maximum of 48.0 µl O₂ g⁻¹.

Table 2. Descriptive statistics of study soils

Analyses	Min.	Max.	Mean	SD
Clay, g kg ⁻¹	38	264	117	50
Silt, g kg ⁻¹	258	607	449	78
Sand, g kg ⁻¹	197	654	435	105
SOM, g kg ⁻¹	9.8	47.2	24.7	9.6
Salt, g kg ⁻¹	0.09	2.05	0.90	0.38
CaCO ₃ , g kg ⁻¹	6.6	224	38.9	52.5
Total N, %	0.046	0.239	0.124	0.006
Available P, µg g ⁻¹	1.77	20.05	8.36	0.45
Exchangable K, cmolc kg ⁻¹	0.01	3.31	1.77	0.09
CA, µl O ₂ g ⁻¹	10.4	48.0	27.21	1.04

According to the variance analysis results, it is noteworthy that soils are statistically different in terms of CA, N, P, and K contents ($P < 0.01$). As shown in Figure 3, which displays the measured CA values of the soils, Soil 21 had the highest CA value, while Soil 7 had the lowest. The values for other soils varied between these extremes. This diversity is likely associated with the natural variability in the non-agricultural land of the research area, as it is known that catalase enzyme

activity is influenced by soil physical conditions. Indicators have been developed between soil physical properties and soil erodibility indices. There are strong relationships between soil erodibility indices and erosion. Soil physical properties such as clay percentage, bulk weight, structural stability index, soil compaction, air-water balance and catalase enzyme activity which is in direct interaction with oxygenation are affected by soil physical properties (Zhang et al., 2004; Nandi and Luffman, 2012; Wu et al., 2018). Lemanowicz et al. (2020) reported that differences in biochemical activity in soil are based on natural biotic and abiotic processes.

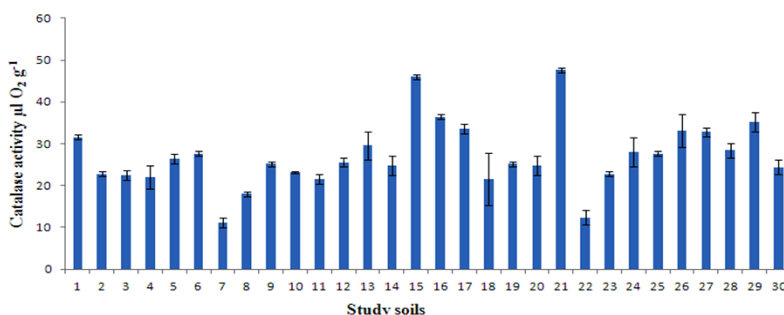


Figure 3. CA values of soils

Xu et al. (2017) also demonstrated that soil microbial activity (except for SA and PA) showed minimal changes in the 20-50 cm soil layers. Soil microbial activity is positively correlated with nutrient availability. Nutrients from root exudates and litter, which are directly acquired by the topsoil, play a crucial role. Recent studies have revealed that soil microbial activity is inversely correlated with soil depth (Könönen et al., 2018; Xu et al., 2020). Suitable ventilation conditions in the topsoil are highly important for increasing microbial activity, as is the abundance of organic matter (Sinha et al., 2009; Xu et al., 2020).

Soil compaction or loosening alters the oxygen amount in the soil and thereby affects CA. The impact of soil bulk density on enzyme activities can be linked to its effects on other soil physical properties, such as total porosity, oxygen content, diffusion rate, and water infiltration rate, all of which influence microbial activity (Li et al., 2002). In addition, soil chemical properties may be related to catalase activity. The relationships between CA and NPK contents of the soils are illustrated in Figure 4. The R^2 value of the CA-N content interaction was calculated as low ($R^2 = 0.0002$), while the R^2 values for CA-P and CA-K interactions were found to be relatively high (R^2 s = 0.81 and 0.61).

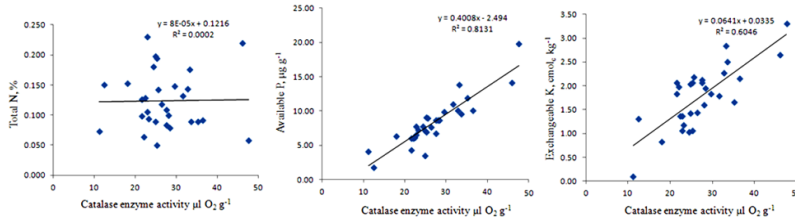


Figure 4. Simple relationships between CA and soil macronutrient contents

Our study has elucidated a critical inverse relationship between soil nutrient deficiencies and catalase enzyme activity, particularly in soils undergoing various degrees of degradation. This finding is pivotal in understanding the complex interactions within soil ecosystems, especially in the context of degradation and nutrient dynamics.

Catalase, a key enzyme in soil biochemistry, acts as an indicator of soil health and fertility. Our observations that catalase activity diminishes in nutrient-deficient and degraded soils align with the research conducted by Sun et al. (2019), who noted an increase in soil catalase activity following long-term vegetation restoration. This parallel suggests that the presence of robust vegetation can counteract the negative impacts of soil degradation, subsequently enhancing soil fertility and microbial diversity. This correlation underscores the role of biotic factors, particularly vegetation, in maintaining soil enzyme activities and overall soil health.

Further, our study presents a nuanced view of soil nutrient interactions with catalase activity. The observed linear inverse relationship between available phosphorus (P) and exchangeable potassium (K) levels with catalase activity contrasts with the non-linear relationship with total nitrogen (N) percentages. This indicates that while P and K deficits are directly linked to reduced catalase activity, N dynamics in the soil may be influenced by other factors, such as organic matter mineralization and biotic interactions. This complexity in nutrient-enzyme interactions echoes the findings of Chang et al. (2007), who highlighted the influence of organic fertilizer application on soil enzyme activities and microbial populations.

In analyzing the broader context of soil degradation, our study expands upon the work of Achuba and Okoh (2014) and Wu et al. (2010), who found that external factors like petroleum products and dimethomorph significantly alter soil catalase activities. Moreover, Kuscu and Karaöz (2021) revealed that land use significantly influences catalase activity, with forest soils exhibiting the highest and agricultural lands the lowest activities. These findings collectively indicate that external anthropogenic factors and land use patterns critically impact catalase enzyme activity, further complicating the relationship between soil health and enzyme function.

Contrarily, Zhang et al. (2016) reported no significant correlation between catalase activity and soil nutrients with the addition of straw, suggesting that the impact of nutrient deficiencies on catalase activity may not be direct or uniform across different soil conditions. This is supported by Liu et al. (2016), who demonstrated that soil enzyme activity, including catalase, is affected by various factors like ryegrass growth and soil pollutants. Moreover, the study by Li et al. (2014) suggests that catalase activity is related to the metabolic activity of aerobic organisms and has a significant correlation with the content of organic carbon, which can be affected by soil erosion and degradation. The work of Galiulin and Galiulina (2015) also supports this, showing that biological preparations for soil remediation influence catalase and other enzymes' activities. Additionally, the study by Lemanowicz et al. (2018) indicated that the activity of soil enzymes, including catalase, decreased with increasing electrical conductivity, suggesting a potential impact of soil salinity on enzyme activity.

In summary, our study underscores the intricate interplay between soil health, nutrient availability, and enzyme function. Soil degradation, influenced by factors like petroleum products, land use, soil pollutants, and soil salinity, leads to reduced catalase enzyme activity. This highlights the need for a comprehensive understanding of soil ecosystem dynamics, particularly in the face of increasing environmental stressors and anthropogenic activities.

The intricate relationship between soil degradation, nutrient status, and catalase enzyme activity observed in our study also sheds light on the broader implications of soil health in agricultural productivity and ecological sustainability. This aspect is critical, given the escalating challenges of soil erosion, nutrient depletion, and environmental pollution, which pose a threat to food security and ecosystem stability.

The reduction in catalase activity in degraded soils, as indicated in our study, can be interpreted as a reflection of decreased microbial activity and overall soil biological health. This aligns with the findings of Karaca et al. (2011) who emphasized the role of soil enzymes as bioindicators of soil health and quality. The decrease in catalase activity due to nutrient deficiencies indicates a potential decline in the soil's capacity to detoxify hydrogen peroxide, which is crucial for maintaining microbial vitality and organic matter decomposition rates.

Soil erosion is a significant contributor to soil degradation, leading to a reduction in soil fertility and nutrient deficiencies (Susanti et al., 2019). This degradation is often caused by factors such as wind erosion, water-logging, salinity/alkalinity, and water erosion (Raina et al., 2009). It is important to note that soil erosion is a multifaceted process influenced by various factors, including human activities and climate change. Human activities, such as agriculture and land use changes,

have been shown to have a significant impact on soil erosion and subsequently on soil enzymatic activities, including catalase (Nedyalkova et al., 2017; Huang et al., 2020; Wang et al., 2020; Li et al., 2021; Steinhoff-Knopp et al., 2021). As a result, the reduction in soil quality can lead to a decline in catalase enzyme activity, which is an important indicator of soil fertility (Li et al., 2014).

Furthermore, the impact of soil degradation on nutrient deficiencies and enzyme activity has been studied in various regions, including Indonesia (Susanti et al., 2019), Sri Lanka (Jayasekara et al., 2018), and Europe (Žižala et al., 2017). These studies emphasize the widespread nature of soil erosion as a significant form of soil degradation, affecting soil properties and enzyme activities. Additionally, the review by Maina et al. (2018) highlights the threat of soil erosion to sustainable soil productivity and food security, further underlining the importance of addressing erosion-induced soil degradation.

In conclusion, our study contributes to the growing body of literature on soil degradation, nutrient dynamics, and enzyme activity. It underscores the need for an integrated approach in soil health assessment and management, considering both biotic and abiotic factors. As soil degradation continues to be a global concern, research that deepens our understanding of these complex interactions remains essential for sustainable soil management and environmental conservation. Soil erosion is a widespread and significant form of soil degradation that can lead to nutrient deficiencies and a reduction in catalase enzyme activity. The impact of soil degradation on enzyme activity and soil fertility is influenced by various factors, including land use, organic carbon content, and specific soil nutrients. Addressing soil erosion is crucial for maintaining soil quality and enzyme activity, which are essential for sustainable agricultural productivity. We recommend controlled laboratory and greenhouse experiments to accurately determine these relationships and highlight the importance of soil enzyme activities as indicators of soil quality and biological activities. Thus, understanding the dynamics of soil enzymes, like catalase, in relation to nutrient status is vital for developing effective soil restoration and management practices.

4. CONCLUSION

The presence of macronutrients crucial for plant nutrition and microbial activity in surface soils is important for agricultural purposes. In erosive soils, available nutrient cycles are adversely affected. Soil microbial activity is also an indicator of soil health. This study reveals that the catalase enzyme activities of soils are related to their chemical properties, such as N, P, and K concentrations, in the plot area of Avsar Campus, Kahramanmaraş, Turkey. It was found that CA was higher in samples with elevated available P content, exhibiting a positive and linear relationship. Among the soil samples, as the exchangeable K content increased, CA also

increased, showing a positively linear relationship with exchangeable K. Since the interaction between total N and CA was very low, a definitive relationship between them could not be established. The findings of this study, demonstrating varied catalase enzyme activity across different points of the area, should be considered in the planning of this location as an Erosion Research Area. Regular monitoring of soil enzyme activities, including catalase activity, should be conducted to detect early signs of soil degradation. This can help in timely interventions to prevent further soil deterioration. Conduct controlled laboratory and greenhouse experiments to better understand the relationships between soil enzyme activities and soil physical properties. This can provide more detailed insights into the mechanisms driving soil health and inform more effective soil management strategies.

Acknowledgements

This research was presented as an oral presentation at the 9th International Soil Science Congress on 'The Soul of Soil and Civilization,' held in Antalya, Turkey, from 14-16 October 2014, and its abstract was published in the congress's abstract book.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics

This study does not require ethic comity approval.

Author Contribution Rates

Design of Study: FŞHT(%50), TY(%50)

Data Acquisition: FŞHT(%45), MD(%45), TY(%10)

Data Analysis: FŞHT(%30), MD(%10), TY(%60)

Writing Up: FŞHT(%85), MD(%5), TY(%10)

Submission and Revision: FŞHT(%90), TY(%10)

REFERENCES

- Achuba, F. I., Okoh, P. N., 2014. Effect of Petroleum Products on Soil Catalase and Dehydrogenase Activities. *Open Journal of Soil Science*, 4(12), 399-406. doi:10.4236/ojss.2014.412040
- Adams, W., 1973. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *Journal of Soil Science*, 24(1), 10-17.
- Adetunji, A. T., Lewu, F. B., Mulidzi, A. R., Ncube, B., 2017. The Biological Activities of α -Glucosidase, Phosphatase and Urease as Soil Quality Indicators: A Review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3), 794-807. doi:10.4067/s0718-95162017000300018
- Andre, A., Debande, L., Marteyn, B., 2021. The Selective Advantage of Facultative Anaerobes Relies on Their Unique Ability to Cope With Changing Oxygen Levels During Infection. *Cellular Microbiology*, 23(8), e13338. doi:10.1111/cmi.13338
- Baligh, P., Honarjoo, N., Jalalian, A., Totonchi, A., 2021. Soil Chemical and Microbial Properties Affected by Land Use Type in a Unique Ecosystem (Fars, Iran). *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi:10.1007/s13399-021-01915-x
- Beck, T., 1971. Die messung der katalaseaktivitaet von Böden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 130(1), 68-81.
- Chakravarti, R., Gupta, K., Majors, A. K., Ruple, L., Aronica, M. A., Stuehr, D. J., 2015. Novel Insights in Mammalian Catalase Heme Maturation: Effect of NO and Thioredoxin-1. *Free Radical Biology and Medicine*, 82, 105-113. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2015.01.030
- Chang, E. H., Chung, R. S., Tsai, Y. H., 2007. Effect of Different Application Rates of Organic Fertilizer on Soil Enzyme Activity and Microbial Population. *Soil Science & Plant Nutrition*, 53(2), 132-140. doi:10.1111/j.1747-0765.2007.00122.x
- Dengiz, O., Demirağ-Turan, I., 2023. Soil quality assessment for desertification based on multi-indicators with the best-worst method in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Land*, 15(7), 779-796. doi:10.1007/s40333-023-0020-9
- Dungait, J. A., Ghee, C., Rowan, J. S., McKenzie, B. M., Hawes, C., Dixon, E. R., Paterson, E., Hopkins, D. W., 2013. Microbial responses to the erosional redistribution of soil organic carbon in arable fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 60, 195-201.
- Ekberli, I., Kizilkaya, R., 2006. Catalase enzyme and its kinetic parameters in earthworm *L. terrestris* casts and surrounding soil. *Asian Journal of Chemistry*, 18(3), 2321.
- Fokeng, R. M., Fogwe, Z. N., Yemelong, N. T., 2020. Modelling Alternatives for Highland Soil Structural Degradation and Erodibility, Bui Plateau, Cameroon. *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 1(6). doi:10.24018/ejgeo.2020.1.6.84
- Galiulin, R. V., Galiulina, R. A., 2015. Remediation of Polar Ecosystems Polluted by Gas Condensate and Oil Hydrocarbons by Biological Preparations. *The Open Ecology Journal*, 8(1), 40-43. doi:10.2174/1874213001508010040
- Geng, Z., Xiao, L., Li, Z., Yao, K., Chen, Y., 2022. Impacts of Adding Municipal Sewage Sludge On Soil Enzyme Activity and Stoichiometry In a Chinese Loess Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(4), 3031-3041. doi:10.15244/pjoes/146239
- Google Earth Pro V 7.3.6.9345. 2024. KSU Campus, Kahramanmaraş, Türkiye. 37° 35' 22.00" N, 36° 44' 45.70" E. Eye alt.: 30 km. CNES / Airbus, Maxar Technologies. <http://www.earth.google.com> (Access Date 27.01.2024).
- Guan, H., Fan, J., 2020. Effects of Vegetation Restoration on Soil Quality in Fragile Karst Ecosystems of Southwest China. *PeerJ*, 8, e9456. doi:10.7717/peerj.9456
- Gundogan, R., Yilmaz, K., Gurel, N., Bodur, M., Demirkiran, A., Koksul, D., Serbetci, H. 1997. Avşar Kampüsü Topraklarının Etüd ve Haritalaması. KSU Research Foundation Project.
- Hou, S., Xin, M., Wang, L., Jiang, H., Li, N., Wang, Z., 2014. The effects of erosion on the microbial populations and enzyme activity in black soil of northeastern China. *Acta Ecologica Sinica*, 34(6), 295-301.
- Hu, L., Li, S., Li, K., Huang, H., Wan, W., Huang, Q.-H., Li, Q., Li, Y., Deng, H., He, T., 2020. Effects of Two Types of Straw Biochar on the Mineralization of Soil Organic Carbon in Farmland. *Sustainability*, 12(24), 10586. doi:10.3390/su122410586
- Huang, X., Lu, Q., Yang, F., 2020. The Effects of Farmers' Adoption Behavior of Soil and Water Conservation Measures on Agricultural Output. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(5), 599-615. doi:10.1108/ijccsm-02-2020-0014
- Imlay, J. A., 2015. Diagnosing Oxidative Stress in Bacteria: Not as Easy as You Might Think. *Current Opinion in Microbiology*, 24, 124-131. doi:10.1016/j.mib.2015.01.004
- Jayasekara, M. J. P. T. M., Kadupitiya, H. K., Vitharana, U. W. A., 2018. Mapping of Soil Erosion Hazard Zones of Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 29(2), 135. doi:10.4038/tarv29i2.8284
- John Ryan, G. E. A. R. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Area. 2nd Edition, <https://hdl.handle.net/20.500.11766/67563>
- Kacar, B. 1994. Bitki ve Topragin Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri. Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi Egitim Arastirma ve Gelistirme Vakfi Yayinlari, No. 3, 705 s.

- Kandziora-Ciupa, M., Nadgórska-Socha, A., Barczyk, G., 2021. The Influence of Heavy Metals on Biological Soil Quality Assessments in the Vaccinium Myrtillus L. Rhizosphere Under Different Field Conditions. *Ecotoxicology*, 30(2), 292-310. doi:10.1007/s10646-021-02345-1
- Karaca, A., Cetin, S. C., Turgay, O. C., Kizilkaya, R. 2011. Soil Enzymes as Indication of Soil Quality. In G. Shukla & A. Varma (Eds.), *Soil Enzymology*. Springer Berlin Heidelberg. pp. 119-148. doi:10.1007/978-3-642-14225-3_7
- Kaya, N. S., Pacci, S., Demirağ Turan, I., Odabas, M. S., Dengiz, O., 2023. Comparing geographic information systems-based fuzzy-analytic hierarchical process approach and artificial neural network to characterize soil erosion risk indexes. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34(4), 1089-1104. doi:10.1007/s12210-023-01201-0
- Kim, J.-G., Park, S.-J., Damsté, J. S. S., Schouten, S., Rijpstra, W. I. C., Jung, M. Y., Kim, S.-J., Gwak, J.-H., Hong, H., Si, O.-J., Lee, S., Madsen, E. L., Rhee, S. K., 2016. Hydrogen Peroxide Detoxification Is a Key Mechanism for Growth of Ammonia-Oxidizing Archaea. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(28), 7888-7893. doi:10.1073/pnas.1605501113
- Kimmell, L. B., 2023. Soil Restoration Increases Soil Health Across Global Drylands: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 60(9), 1939-1951. doi:10.1111/1365-2664.14459
- Könönen, M., Jauhainen, J., Straková, P., Heinonsalo, J., Laiho, R., Kusin, K., Limin, S., Vasander, H., 2018. Deforested and drained tropical peatland sites show poorer peat substrate quality and lower microbial biomass and activity than unmanaged swamp forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 123, 229-241.
- Kuscu, I. S. K., Karaöz, M. Ö., 2021. The Change of Catalase Enzyme Activity in Soils by the Land Use. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(6), 1186-1192. doi:10.24925/turjaf.v9i6.1186-1192.4426
- Lemanowicz, J., Brzezińska, M., Siwik-Ziomek, A., Koper, J., 2020. Activity of selected enzymes and phosphorus content in soils of former sulphur mines. *Science of The Total Environment*, 708, 134545. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134545
- Lemanowicz, J., Siwik-Ziomek, A., Koper, J. W., 2018. Enzymatic Variation of Soils Exposed to the Impact of the Soda Plant in Terms of Biochemical Parameters. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3309-3316. doi:10.1007/s13762-018-1959-5
- Li, C., Li, Z., Yang, M., Ma, B., Wang, B., 2021. Grid-Scale Impact of Climate Change and Human Influence on Soil Erosion Within East African Highlands (Kagera Basin). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2775. doi:10.3390/ijerph18052775
- Li, C., Ma, B., Zhang, T., 2002. Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. *Canadian journal of soil science*, 82(2), 147-154.
- Li, Q., Liang, J., He, Y., Hu, Q., Yu, S., 2014. Effect of Land Use on Soil Enzyme Activities at Karst Area in Nanchuan, Chongqing, Southwest China. *Plant Soil and Environment*, 60(1), 15-20. doi:10.17221/599/2013-pse
- Li, Z., Xiao, H., Tang, Z., Huang, J., Nie, X., Huang, B., Ma, W., Lu, Y., Zeng, G., 2015. Microbial responses to erosion-induced soil physico-chemical property changes in the hilly red soil region of southern China. *European Journal of Soil Biology*, 71, 37-44.
- Liu, Q., Zhang, Q., Jarvie, S., Yan, Y., Han, P., Liu, T., K. G., Ren, L., Yue, K., H. W., Du, J., Niu, J., Svenning, J.-C., 2021. Ecosystem Restoration Through Aerial Seeding: Interacting Plant-soil Microbiome Effects on Soil Multifunctionality. *Land Degradation and Development*, 32(18), 5334-5347. doi:10.1002/ldr4112
- Liu, T., Wei, L., Qiao, M., Zou, D., Yang, X., Lin, A., 2016. Mineralization of Pyrene Induced by Interaction Between *Ochrobactrum* Sp. PW and Ryegrass in Spiked Soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 290-296. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.07.032
- Ma, J., Qin, J., Ma, H., Zhou, Y., Shen, Y., Xie, Y., Xu, D., 2022. Soil Characteristic Changes and Quality Evaluation of Degraded Desert Steppe in Arid Windy Sandy Areas. *PeerJ*, 10, e13100. doi:10.7717/peerj.13100
- Maina, C. W., Sang, J., Mutua, B. M., Raude, J. M., 2018. A Review of Radiometric Analysis on Soil Erosion and Deposition Studies in Africa. *Geochronometria*, 45(1), 10-19. doi:10.1515/geochr-2015-0085
- Marshall, K. S., Balster, N. J., Bajcz, A. W., 2018. Underneath It All: Soil Differences May Explain Contrasting Outcomes of Adjacent Prairie Restorations in Madison, Wisconsin. *American Journal of Undergraduate Research*, 15(3), 61-72. doi:10.33697/ajur.2018.024
- Marumbi, R., Nyamugafata, P., Wuta, M., Tiltonell, P., Torquebiau, E., 2023. Influence of Planting Basins on Selected Soil Quality Parameters and Sorghum Yield Along an Agro-Ecological Gradient in South Eastern Zimbabwe. *Southern Africa Journal of Education Science and Technology*, 5(1), 26-52. doi:10.4314/sajest.v5i1.39821
- Mogen, A. B., Carroll, R., James, K. L., Lima, G. S. C. C., Silva, D., Culver, J. A., Petucci, C., Shaw, L. N., Rice, K. C., 2017. *Staphylococcus Aureus* Nitric Oxide Synthase (sa NOS) Modulates Aerobic Respiratory Metabolism and Cell Physiology. *Molecular Microbiology*, 105(1), 139-157. doi:10.1111/mmi.13693

- Mukherjee, S., Kuang, Z., Ghosh, S., Detroja, R., Carmi, G., Tripathy, S., Barash, D., Frenkel-Morgenstern, M., Nevo, E., Li, K., 2022. Incipient Sympatric Speciation and Evolution of Soil Bacteria Revealed by Metagenomic and Structured Non-Coding RNAs Analysis. *Biology*, 11(8). 1110 doi:10.3390/biology11081110
- Nandi, A., Luffman, I., 2012. Erosion related changes to physicochemical properties of Ultisols distributed on calcareous sedimentary rocks. *Journal of sustainable development*, 5(8), 52.
- Nedyalkova, K., Donkova, R., Deribeeva, D., 2017. Enzyme Activity of Chromic Luvisols Under Different Degree of Erosion and Land Use. *Eurasian Journal of Soil Science (Ejss)*, 6(1), 37-37. doi:10.18393/ejss.284262
- Panico, S. C., Memoli, V., Santorufo, L., Aiello, S., Barile, R., Marco, A. D., Maisto, G., 2022. Soil Biological Responses Under Different Vegetation Types in Mediterranean Area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). doi:10.3390/ijerph19020903
- Poesen, J., 2017. Soil Erosion in the Anthropocene: Research Needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(1), 64-84. doi:10.1002/esp.4250
- Raina, P., Kumar, M., Singh, M., 2009. Mapping of Soil Degradation Hazards by Remote Sensing in Hanuman-garh District (Western Rajasthan). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(4), 647-657. doi:10.1007/s12524-009-0056-0
- Ramazanoglu, E., 2023. Effects of Biochar Application as a Carbon Substrate on Cotton Plant Growth and Some Soil Enzymes. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4), 904-915. doi:10.5281/zenodo.10257518
- Rodríguez, J. J. M., González-Pérez, J. A., Turmero, A., Hernández, M., Ball, A. S., González-Vila, F. J., Arias, M., 2018. Physico-Chemical and Microbial Perturbations of Andalusian Pine Forest Soils Following a Wildfire. *The Science of the Total Environment*, 634, 650-660. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.04.028
- Sainju, U. M., Liptzin, D., Dangi, S. M., 2021. Carbon Dioxide Flush as a Soil Health Indicator Related to Soil Properties and Crop Yields. *Soil Science Society of America Journal*, 85(5), 1679-1697. doi:10.1002/saj2.20288
- Shrestha, S. K., 2015. Sustainable Soil Management Practices. *World Journal of Science Technology and Sustainable Development*, 12(1), 13-24. doi:10.1108/wjstsd-07-2014-0015
- Singh, H., Northup, B. K., Rice, C. W., Prasad, P., 2022. Biochar Applications Influence Soil Physical and Chemical Properties, Microbial Diversity, and Crop Productivity: A Meta-Analysis. *Biochar*, 4(1). doi:10.1007/s42773-022-00138-1
- Sinha, S., Masto, R., Ram, L., Selvi, V., Srivastava, N., Tripathi, R., George, J., 2009. Rhizosphere soil microbial index of tree species in a coal mining ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9), 1824-1832.
- Steinhoff-Knopp, B., Kuhn, T., Burkhard, B., 2021. The Impact of Soil Erosion on Soil-Related Ecosystem Services: Development and Testing a Scenario-Based Assessment Approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(Suppl 1), 274. doi:10.1007/s10661-020-08814-0
- Sun, S.-Y., Sun, H., DeShun, Z., Zhang, J., Cai, Z., Qin, G., Song, Y., 2019. Response of Soil Microbes to Vegetation Restoration in Coal Mining Subsidence Areas at Huaibei Coal Mine, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10). doi:10.3390/ijerph16101757
- Susanti, Y., Syafrudin, S., Helmi, M., 2019. Soil Erosion Modelling at Watershed Level in Indonesia: A Review. *E3s Web of Conferences*, 125. doi:10.1051/e3sconf/201912501008
- TARIST. 1994. General Statistic version 4.01 DOS. In Egean Forestry Research Institute Bornova, İzmir.
- Wang, H., Wu, J., Li, G., Yan, L., 2020. Changes in Soil Carbon Fractions and Enzyme Activities Under Different Vegetation Types of the Northern Loess Plateau. *Ecol Evol*, 10(21), 12211-12223. doi:10.22541/au.159318509.95089487
- Wattanasakphuban, N., Srila, P., Pinmanee, P., Sompinit, K., Rattanaporn, K., Peterbauer, C. K., 2023. Development of High Cell Density *Limosilactobacillus Reuteri* KUB-AC5 for Cell Factory Using Oxidative Stress Reduction Approach. *Microbial Cell Factories*, 22(1), 86. doi:10.1186/s12934-023-02076-4
- Wei, S., Ding, S., Li, Y., Zhang, E., Duan, X., 2024. Differential responses of soil cellulase enzymes and oxidative enzymes to soil erosion. *Catena*, 241, 108015.
- Wu, X., Wei, Y., Wang, J., Cai, C., Deng, Y., Xia, J., 2018. RUSLE erodibility of heavy-textured soils as affected by soil type, erosional degradation, and rainfall intensity: A field simulation. *Land degradation & development*, 29(3), 408-421.
- Wu, Y., Kong, F., Wu, D., Zeng, Y., Chen, Z., Deng, T., 2010. Effects of Dimethomorph on Some Enzymatic Activities in Soil. 1-3. doi:10.1109/icbbs.2010.5517394
- Wu, Y., Wang, R., Zhang, M., He, P., Wu, Y., Tian, X., Zhang, J., 2023. Spatial Patterns and Influencing Factors of Soil SOC DOC ROC at Initial Stage of Vegetation Restoration in a Karst Area. *Frontiers in Environmental Science*, 11, e15044. doi:10.3389/fenvs.2023.1099942
- Xiao, H., Li, Z., Chang, X., Huang, B., Nie, X., Liu, C., Liu, L., Wang, D., Jiang, J., 2018. The mineralization and sequestration of organic carbon in relation to agricultural soil erosion. *Geoderma*, 329, 73-81. doi:10.1016/j.geoderma.2018.05.018
- Xu, H., Qu, Q., Chen, Y., Wang, M., Liu, G., Xue, S., Yang, X., 2020. Disentangling the direct and indirect effects of cropland abandonment on soil microbial activity in grassland soil at different depths. *Catena*, 194, 104774.

- Xu, Z., Yu, G., Zhang, X., He, N., Wang, Q., Wang, S., Wang, R., Zhao, N., Jia, Y., Wang, C., 2017. Soil enzyme activity and stoichiometry in forest ecosystems along the North-South Transect in eastern China (NSTEC). *Soil Biology and Biochemistry*, 104, 152-163.
- Xuefeng, X., Liao, X., Yan, Q., Xie, Y., Chen, J.-Z., Liang, G., Chen, M., Xiao, S., Chen, Y., Liu, J., 2023. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improve the Growth, Water Status, and Nutrient Uptake of *Cinnamomum Migao* and the Soil Nutrient Stoichiometry Under Drought Stress and Recovery. *Journal of Fungi*, 9(3), 321. doi:10.3390/jof9030321
- Yakupoğlu, T., Gündoğan, R., 2015. Predicting of soil aggregate stability values using artificial neural networks. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 83-92.
- Zhang, H., Dong, C., Yang, H., Kasim, N., 2020. Differences of Soil Enzyme Activities and Its Influencing Factors Under Different Flooding Conditions in Ili Valley, Xinjiang. *Peerj*, 8, e8531. doi:10.7717/peerj.8531
- Zhang, J.-G., Bo, G., Zhang, Z., Kong, F., Wang, Y., Shen, G., 2016. Effects of Straw Incorporation on Soil Nutrients, Enzymes, and Aggregate Stability in Tobacco Fields of China. *Sustainability*, 8(8), 710. doi:10.3390/su8080710
- Zhang, K., Li, S., Peng, W., Yu, B., 2004. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 76(2), 157-165.
- Zhao, W., Fang, X., Daryanto, S., Zhang, X., Wang, Y., 2018. Factors Influencing Soil Moisture in the Loess Plateau, China: A Review. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 109(3-4), 501-509. doi:10.1017/s1755691018000671
- Žižala, D., Zádorová, T., Kapička, J., 2017. Assessment of Soil Degradation by Erosion Based on Analysis of Soil Properties Using Aerial Hyperspectral Images and Ancillary Data, Czech Republic. *Remote Sensing*, 9(1), 28. doi:10.3390/rs9010028



Seed and Germination Characteristics of Different Hybrids Belonging to *Vitis* Species

Vitis Türlerine Ait Farklı Hibritlerin Tohum ve Çimlenme Özellikleri

Bülent KÖSE¹, Yahya URAY², Kevser BAYRAM³, Fatma TÜRK⁴

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
· bulentk@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7025-5696

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
· yahya.uray@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-5267-6040

³Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
· kevserbayram1@outlook.com · ORCID > 0000-0002-6280-2119

⁴Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Samsun
· ftmtrk5555@hotmail.com · ORCID > 0000-0001-6452-5218

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 26 Mart/March 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 419-439

Atf/Cite as: Köse, B., Uray Y., Bayram, K., Türk, F. "Seed and Germination Characteristics of Different Hybrids Belonging to *Vitis* Species" Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 39(2), Haziran 2024: 419-439.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bülent KÖSE

SEED AND GERMINATION CHARACTERISTICS OF DIFFERENT HYBRIDS BELONGING TO *VITIS* SPECIES

ABSTRACT

In this research, some grape cultivars are belonging to *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*, and interspecific grape cultivars were used for crossbreeding. The aim of the cross-breeding was to obtain individuals that could be used as a table grape, female flower type genotypes, and would be resistant to disease and cold hardy grapes. In the research, berry set (seeded and seedless berry number), seed weight (g), seed width and length (mm), floating empty seed rate (seed viability, %), seed germination rates (%), seedling survival rates (%) and shoot length (cm) were calculated in the seeds obtained as a result of cross-breeding. In this research, as a result of crossbreeding with different *Vitis* species and hybrids, the germination rate was significantly higher, especially when using 'Çeliksi', 'Red Globe' and 'Cayuga White' cultivars as maternal parents. Although the germination rates of the seeds obtained after cross-breeding are low, the use of 'Çavuş' grape cultivar with female flower form in cross-breeding facilitates the work since emasculation is not necessary. It would be appropriate to increase the number of grapevines with female flowers type in breeding studies.

Keywords: Cross-breeding, Emasculation, Seed Germination, *V. labrusca*, *V. vinifera*, Interspecific Grapevine.



VİTİS TÜRLERİNE AİT FARKLI HİBRİTLERİN TOHUM VE ÇİMLENME ÖZELLİKLERİ

ÖZ

Bu araştırmada; *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca* ve türler arası bazı üzüm çeşitlerinde melezlemeler yürütülmüştür. Melezlemelerin amacı; melezlemelerde kolaylık açısından dişi çiçek tipi genotipe sahip yeni bireylerin elde edilmesinin yanı sıra hasatlıklara ve soğuğa dayanıklı yeni bireyler ile anaç olarak kullanılacak bitkiler elde etmektir. Araştırmada; tane tutumu (çekirdekli ve çekirdeksiz tane sayısı), tohum ağırlığı (g), tohum genişliği ve uzunluğu (mm), yüzen boş tohum oranı (%), tohum çimlenme oranları (%), çimlenen bitki yaşama oranları (%) ve sürgün uzunluğu (cm) hesaplanmıştır. Bu araştırmada, farklı *Vitis* tür ve melezleriyle yapılan melezleme sonucunda, özellikle 'Çeliksi', 'Red Globe' ve 'Cayuga White' çeşitleri ana ebeveyn olarak kullanıldığında, çekirdeklerde çimlenme oranı önemli ölçüde artış göstermiştir. 'Çavuş' üzüm çeşidinden elde edilen tohumların çimlen-

me oranları düşük olmasına rağmen, dişi çiçek formuna sahip çeşitlerin melezleme çalışmalarında kullanılması emaskülasyona gerek olmadığından melezlemeyi kolaylaştırmaktadır. İslah çalışmalarında dişi çiçek tipine sahip üzüm çeşitlerin kullanılmasıyla daha fazla sayıda tohum ve bitki elde edilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Melezleme, Emaskülasyon, Tohum Çimlenme, *V. labrusca*, *V. vinifera*, Türlerarası Asma.



1. INTRODUCTION

Today, more than 10.000 grape cultivars belonging to the *Vitis* genus are grown for different purposes all around the world (Khan et al., 2020). People's consumption habits show vary from year to year. For example; the people, especially children, prefer seedless, colorful, crunchy, medium bunch or exotic grapes (Peña-Neira et al., 2023; Atak and Şen, 2021). In recent years, the breeding studies focused on to obtain new grapes as cold hardy, drought and disease resistant, seedless, medium bunch, large berries and having unique aroma (Atak and Kahraman, 2012; Akkurt et al., 2019; Verma et al., 2019; Atak, 2022). In addition, many new varieties have been registered and transferred to growers from different breeding studies carried out in Turkey in the last 20 years (Atak et al., 2022).

Successful breeding in different grape varieties requires many of different grape genetic resources (Atak, 2023). Breeding works is nowadays predominantly carried out to improve grape quality, including increasing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses (Parmar et al., 2017). Different plant species may not reach the desired level of viability during seed or seed formation, depending on many factors during their development following flowering and subsequent pollination. Among these factors, genetics plays an important role. For this reason, differences in viability rates may occur depending on the parents used. This situation is thought to be particularly related to embryo development (Atak and Şen, 2021; Jovanović-Cvetković et al., 2022).

The germination power of the seeds plays an important role in the success of cross-breeding studies carried out to obtain new varieties and combine good characteristics. Since the number of plants obtained from seeds with poor germination power is low, the probability of the emergence of vines with the desired characteristics is therefore low. Today, the aim of breeding studies carried out for various purposes is to germinate the hybrid seeds obtained at the highest possible rate and to obtain healthy plants from them (Goldy, 1992; Rieseberg et al., 1998; Kuligowska et al., 2016; Demirkaplan and Gübbük, 2023). The seeds obtained after cross-breeding are important aspects of the breeding process (Uzun et al., 2019).

Vitis vinifera is the most widely cultivated grape species in the world due to its economic value. *V. vinifera* grapes are also still widely used worldwide as the main material for breeding new grape varieties (Alleweldt et al., 2005; Wang et al., 2021). For this purpose, in order to obtain a large number of new hybrid plants, it is expected that the germination properties of the seeds obtained by cross-breeding should be strong. In an effective breeding study, high germination and seedling formation rates of intraspecific and interspecific hybrid seeds are expected in *V. vinifera* in order to obtain larger seedling populations in a short time and to achieve faster grape breeding (Wang et al., 2022). The formation of seeds to seedlings is one of the most important issues of breeding efficiency. The germination rate of grape seeds is typically low (30-50%) and the final seedling rate is even lower (Lin et al., 2009; Zhang et al., 2009). Low germination rates may be due to parental selection, an incompletely developed seed embryo of the female parent, or a hard seed coat that is not easy to break (Ma et al., 2014).

Interspecific hybrid cultivars, obtained from crosses with *V. vinifera*, including many of North American and Asian grape species, are important to obtain new genotypes resistant to biotic and abiotic stress condition (Töpfer et al., 2011; Eibach and Töpfer, 2015; Lisek and Lisek, 2019; Foria et al., 2022). Many researchers suggested that three months of stratification at 4°C gave the best results for grape seed germination (Conner, 2008; Sabir, 2011; Seget et al., 2020; Atak and Şen, 2021; Hawezy and Sharif, 2023). If the stratification period is too long or too short, phenolic compounds in seeds can inhibit the germination rate (Gao et al., 2014; Weidner et al., 2014; Orrù et al., 2023). Previous studies have shown that grape seed germination and seedling formation rates vary between different populations and cultivars (Ledbetter and Ramming, 1989; Ristic and Iland, 2005; Gao et al., 2014).

Germination rates of hybrid seeds may vary due to some environmental factors such as light, temperature, humidity, soil conditions (Çelik, 2001; Humphries et al., 2018; Travlos et al., 2020) and pollen sources (Sabir, 2011; Sabir, 2015; Atak and Şen, 2021; Atak, 2022; Alzohairy et al., 2023). On the other hand, Ellis et al. (1983) reported that 25°C is the best temperature for grape seed germination. When choosing hybrid combinations, it is very important seeded berry set, seed number and germination rate of the mother parentage (Singh et al., 1984; Sabir, 2011; Wang et al., 2022). Sabir (2011) was found the highest rate of berry set was obtained from Italia x 1103 P (44.1%) and Italia x 140 Ru (43.2%), while the lowest percentage was noted in self-pollinated plants (36.4%). Germination rates of seeds obtained after cross-breeding shows differences according to the combinations (Akkurt et al., 2013; Ergönül et al., 2023; Atak et al., 2019; Uzun et al., 2019). For example; Ergönül et al. (2023) determined the lowest seed germination rates in 'Trakya İlkeren' (2.6%) and 'Cardinal' (0-2.9%) grapes and the highest rate in 'Yalova İncisi' (70.8-79.1%) in hybrid combinations.

The aim of this research was obtained berry set after cross-breeding, seed specifications and germination characteristics of some crossbreeding combinations are belonging to *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca* and interspecific grapes.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Plant Materials



Cross-breeding studies were carried out in the vineyards and greenhouses of Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture. Berry set, viability and germination rate was obtained with 13 different combinations. In cross-breeding, five grape cultivars belonging to the *Vitis vinifera* species ('Çavuş', 'Yalova İncisi', 'Trakya İlkeren', 'Prima', 'Red Globe'), two grape cultivars belonging to the *Vitis labrusca* species ('Çeliksi', 'Ülkemiz'), three interspecific cultivars ('Valiant', 'Marechal Foch', 'Cayuga White') and 1103 Paulsen rootstock were used. 'Çavuş' grape has morphological hermaphrodite, physiological female type and not need to emasculate. The Cross-breeding combinations carried out in the research are given in Table 1.

Table 1. Crossbreeding combinations

Breeding Combinations		
Ülkemiz x Marechal Foch	Çavuş x Yalova İncisi	Red Globe x Valiant
Cayuga White x Marechal Foch	Çavuş x Trakya İlkeren	Trakya İlkeren x Valiant
Çeliksi x Marechal Foch	Çavuş x Marechal Foch	Çeliksi x Valiant
Red Globe x Ülkemiz	Çavuş x Prima	Cayuga White x Valiant
	Çavuş x 1103P	

In the study, the origin and characteristics of the grape cultivars used in Cross-Breedings are given in Table 2.

Table 2. Characteristics of grape cultivars/genotypes used in crossbreeding studies

Cultivar/genotype/Species	Specifications	Cluster	Leaf
Cayuga White: <i>Vitis labrusca</i> hybrids Seyval x Schuyler at Cornell University, New York, 1945 (USA).	Seeded Disease Resistant Moderately Cold Hardy		

Marechal Foch:

Millardet et Grasset 101
O.P. x Goldriesling.
Eugene Kuhlmann of Al-
sace, France 1920 (France).

Seeded
Disease Resistant
Cold Hardy

**Çavuş:**

Female type Turkish grape
variety (*Vitis vinifera*)

Seeded
Table grape

**Çeliksü:**

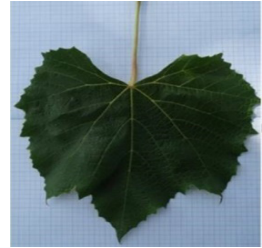
(*Vitis labrusca*). Selected
from Black Sea Region and
registered in 2016 by
Ondokuz Mayıs University

Seeded
Disease Resistant

**Ülkemiz:**

(*Vitis labrusca*). Selected
from Black Sea Region and
registered in 2016 by
Ondokuz Mayıs University

Seeded
Disease Resistant

**Yalova İncisi:**

Hönüsü x Black Gemre
crossing. Early ripening,
released in 1988 by Atatürk
Horticultural Central
Research Institute, Türkiye.

Seeded
Table grape



Trakya İlkeren:

Alphonse Lavallee x
Perlette crossing. Early
ripening, released in 1994
by Tekirdağ Viticultural
Institute, Türkiye.

Seeded
Table grape

**Prima:**

Lival x Cardinal crossing.
Early ripening and it was
obtained in 1974 by INRA.

Seeded
Table grape

**Red Globe:**

L 12-80 X S 45-48,
(Hunisa x Emperor) x
(Hunisa x Emperor x
Nocera) crossing. Califor-
nia Agricultural
Experiment Station.

Seeded
Table grape

**Valiant:**

Fredonia x South Dakota
9-39

Seeded
Disease resistant
Extremely Cold
Hardy

**1103 Paulsen:**

Berlandieri Rösséguiet No.
2 x Rupestris du Lot

Rootstock
Male flower type



2.2. Methods

2.2.1. Polen Supply and Storage

During the flowering period (first week of the June), pollen was obtained by taking clusters from pollinator varieties in full bloom. The clusters of the pollinator cultivars were collected during the full bloom period. Pollen was collected freshly from fully open clusters. Flower clusters kept at room temperature for overnight. The flower clusters were sieved through a fine sieve and the pollen and they were stored at +4 °C until the pollination process (Staudt, 1999; Sabır, 2011).

2.2.2. Emasculation and Cross-Breedings Process

The clusters were checked daily and the emasculation process was initiated approximately 3-5 days before the beginning of flowering (Hardie et al., 1996). In the study, for all crossings; cross-breeding was carried out on 3 vines and 3 clusters of each vine and cultivar. Totally 9 clusters emasculated for each cross-breeding combination. Male organs were emasculated during the flowering period except for 'Çavuş' grape (female flower type). The emasculated clusters were washed with pure water to ensure that no pollen remained. The emasculated clusters were placed in a paper bag, labeled and closed. Emasculated clusters were checked daily, and pollinated with pollen collected from pollinator varieties when sugary liquid was seen on the stigma. Pollination was carried out early in the morning and late in the evening. These processes continued until the upper part of the stigma turned from greenish to brown. After pollination, the clusters were re-bagged and labeled with details of the mother and father varieties and pollination dates. The clusters and vines were subjected to regular cultural practices and spraying with fungicides against fungal diseases.

2.2.3. Harvest of Clusters

Seeds were harvested when the grapes were fully ripe. Fruit harvested had to be at least of 22°Brix. The berries were separated from the cluster skeleton, and the seeds were removed. The seeds were washed with distilled water to separate them from other fruit components and then left to dry on a blotting paper for a week. The seeds were stored in capped plastic tubes at +4°C until germination.

2.2.4. Seed Germination Procedures

To separate viable seed from others, the seeds were placed in a small beaker of distilled water. 24 hours waited seed in the water and floating seed were considered non-viable. The following procedure was applied before germination. After the non-viable seeds floating in the water were separated, the remaining seeds, which

were considered to be viable, were planted in the viols in 3 replicates. A total of 3300 seeds were sown in the viols and totally 1905 seeds germinated in the research.

The following treatments were applied to the seeds before germination.

1. The seeds were soaked in water for 48 hours.
2. It was kept in 3% hydrogen peroxide (1.5:5 water: hydrogen peroxide) for 24 hours.
3. 1000 ppm GA₃ was applied for 24 hours.
4. It was kept in 6% sodium hypochlorite for 2 minutes.
5. It was scarified in moistened vermiculite at +4°C for 3 months.

Filling the viols and opening the planting pits, the seeds were sown in a plastic viol. Peat was used as germination medium. Seeds were sown in the viols manually at a depth of about 0.5 cm. After sowing, the viols were covered with vermiculite and placed in the climate chamber for germination. In the study, germination rates were evaluated on a total of 50 viable seeds for each application. The viols were germinated by keeping them in a growth room with controlled temperature and humidity at ±26°C, 85% humidity and a 12 h photoperiod. The viols were checked frequently, and when the root tips began to appear from the seeds, the viols were moved from the germination room to the greenhouse.

Weight of 100 seed (g) in each combination;

In 50 randomly selected seed, the proportion of seeds floating in water (viability rate %) was calculated.

$$\text{Viability rate (\%)} = (100 \times \text{sunken seeds}) / (\text{floating seeds} + \text{sunken seeds})$$

The following characteristics will be examined in the seeds obtained as a result of crossbreeding during the germination phase.

- Seeded berry (number)
- Seedless berry (number)
- Seed weight (100 number)
- Seed width (mm)
- Seed length (mm)
- Germination rate of seeds (%)
- Seedling formation rate (%)
- Floating seed in water (%)
- Seed viability (%)
- Shoot length of the second year's plants (cm)

2.3. Greenhouse Cultivation Stages

During daily checks, the viols belonging to the combinations whose germination started and whose root tips were visible were transferred to the greenhouse. The germinated grape seeds were planted in the greenhouse in May. After two or three cotyledons had emerged, the young plants were transplanted into deep square pots with a diameter of 5 x 5 cm, allowing them to grow and develop in the greenhouse. The plants transferred to the viols were numbered and labeled individually according to each cross-breeding combination. In the second year, the plants were transferred 17 x 22 cm polyethylene plastic pots in open field condition. To ensure upright growth of the plants, a 100 cm long plant support rod was planted at the base of the plants and the plants were tied to these rods as they grew taller.

2.4. Statistical Analysis

In the research, % ratio was taken as basis in evaluating the results of hybrid combinations. However, analysis of variance was applied to determine the germination rate. Differences between combinations were made with Duncan's multiple range test. Differences were determined at the 5% confidence interval ($P < 0.05$). SPSS (v.16) statistical package program was used for statistical analysis. Correlations between the studied seed characteristics were evaluated with Pearson's coefficients (r).

3. RESULT AND DISCUSSION

In the research, the number of seeded and seedless berries per cluster (berry set) and the number of seeds per berry were evaluated after harvesting the clusters (Table 3). Significant differences were determined between the hybrid combinations in terms of the seed number per berry and berry set ($P < 0.05$). The highest number of seeded berries was obtained in the 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' combination (146.4 number). The lowest seeded berry numbers were determined in 'Ülkemiz' x 'Marechal Foch' (12.3 number), 'Red Globe' x 'Valiant' (25.5 number), and 'Cayuga White' x 'Valiant' (27.6 number) crossings. In this study, the seedless small berries in the cluster were identified in the harvested clusters (Table 3). Statistical differences were found between the hybrid combinations in terms of the number of seedless berry ($P < 0.05$). According to the obtained results; the hybrid combinations with the highest seedless berries were determined as 'Çavuş' x 'Prima' (32.8 number per cluster) and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (30.4 number per cluster) combinations. On the other hand, the hybrid combination with the least number of seedless berries in the cluster was determined as 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' (0.5 number per cluster). In this study; it has been revealed that the cultivars/genotypes used in cross-breedings may have different effects on berry setting, and caution should be taken, especially in cross-breedings with the

'Trakya İlkeren' cv. Since the aim of breeding studies based on cross-breeding is to achieve the highest possible number of seeds, thus obtaining different individuals according to the principles of expansion, it becomes important to know the effects of pollination method and technique on seed development as well as fruit set (Marasalı and Ergül 1997). In addition, between grape varieties in terms of cross-breeding compatibility and potential are an important process for berry set (Sabır and Küçükbasmacı, 2020). In this study, the number of seeds per berry varied between 1.5 and 3.0 depending on the hybrid combination. The least seed number per berry was obtained at both 'Ülkemiz' x 'Marechal Foch' and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (1.5 seed/berry) crossings. The highest seed number per berry was determined at 'Red Globe' x 'Valiant' combination. This result shows that parentage especially mother plant can be effective on seed numbers of the berries. In the study, the highest number of seeds was obtained from crosses when used 'Red Globe' as the mother (Table 4). In this way, Sabır (2011) implanted that the berry settings of the crosses were varied depending on the pollinators. Also, pollen source significantly affects cluster size (Sabır and Küçükbasmacı, 2020). Sabır et al., (2020) found that the berry set in 'Trakya İlkeren' cultivar ranging from 21.3% (self-pollination) to 23.7% (hand-pollination). Kowalczyk et al. (2022), determined that the number of germinating pollen grains on the stigma and the number of pollen tubes at the base of the pistil were statistically the highest in 'Solaris', 'Marechal Foch', 'Aurora', 'Bianca', and 'Muscat Odesskij' cultivars. Similar result reported by Dardeniz et al. (2011) that there were differences in the size and number of berries obtained as a result of pollination of the 'Çavuş' grape cultivar with different pollinators. Atak et al. (2019) found that in terms of the number of seeds per cluster, the combination using 'Çavuş' x 'Crimson Seedless' (148.7 seeds per cluster) combination gave the highest number of hybrid seeds. They reported that although a large number of seeds were obtained in combinations in which 'Çavuş' was used as the main, the viability rates remained lower than in combinations in which 'Red Globe' and 'Köfteci' grapes were used as the main. However, the researchers stated that the combinations in which the 'Red Globe', 'Köfteci' (*Vitis labrusca*) and 'Çavuş' cultivars were used as the main ones came to the fore, and that in almost every combination in which these varieties were crossed, they gave better results in terms of both seed number and viability, and that in the cross-breeding studies to be carried out in the following years. Our findings in 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' and 'Çavuş' x 'Yalova Incisi' crossings gave the highest berry set compare to the other combinations (146.4 and 109.3 berry per cluster, respectively). On the other hand, the least seedless berry has been found in 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' crossings. Similar findings determined from Karataş et al. (2007) that among pollinated grape cultivars with 'Kalecik Karası', the highest berry set rate (38.0%) was obtained in 'Hamburg Misketi', while the lowest rate (18.0%) was found in 'Riesling' cultivar. Moreover, in our study; the highest berry set was obtained when the 'Çavuş' cv. was pollinated with 'Yalova Incisi'. In the light with these results, 'Yalova Incisi' is recommended as a pollinator for 'Çavuş' cultivar.

Table 3. Effects of Cross-Breedings on berry set and seed number per berry

Crossings ID	Seeded Berry	Seedless Berry	Seed Number
	Number Per Cluster	Number Per Cluster	Per Berry
Çavuş x Yalova İncisi	109.3±17.2 ab*	14.8±5.0 bc	2.5±0.5 ab
Çavuş x Trakya İlkeren	47.5±22.5 cde	7.3±4.5 c	2.2±0.4 ab
Çavuş x Marechal Foch	76.3±23.8 bcd	19.7±9.7 abc	2.0±0.6 ab
Çavuş x Prima	87.7±24.2 bc	32.8±8.6 a	2.3±1.0 ab
Çavuş x 1103P	42.0±18.6 cde	5.0±6.2 c	2.3±1.0 ab
Red Globe x Ülkemiz	40.6±22.1 cde	4.0±5.7 c	2.5±0.7 ab
Red Globe x Valiant	25.0±2.8 de	5.3±8.4 c	3.0±0.0 a
Çeliksi x Marechal Foch	24.3±14.0 de	10.0±7.3 c	1.8±0.6 b
Çeliksi x Valiant	32.8±7.8 cde	3.0±0.5 c	2.0±0.0 ab
Ülkemiz x Marechal Foch	12.3±5.6 e	3.4±3.3 c	1.5±0.4 b
Cayuga White x Valiant	27.6±20.4 de	3.3±5.3 c	1.7±0.6 b
Cayuga White x Marechal Foch	146.4±33.7 a	0.5±0.6 c	1.8±0.8 b
Trakya İlkeren x Valiant	55.5±9.2 b-e	30.4±2.0 ab	1.5±0.5 b
Significance	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05
*SEM	4.924	1.623	0.091

*SEM: Standard errors of the means. Means followed by similar letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) as compared by Duncan's multiple range test.

The average 100 seed weights obtained from the harvested cluster before germination, and the weights of the hybrid combinations were determined (Table 4). Seed weights showed statistically significant differences ($P < 0.05$), and seed weights varied between 2.7 and 6.0 g depending on the hybrid combinations. Among the combinations examined, the lowest average seed weight was determined to be at the 'Çavuş' x 'Trakya İlkeren' (2.7 g) and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (2.9 g) combinations. Despite that; 'Çeliksi' x 'Marechal Foch' (6.0 g) and 'Çeliksi' x 'Valiant' (5.8 g) crossings were the heaviest seed combinations. In the study, it was observed that the seed weights, width and length obtained from cross-breedings with the cv. 'Çavuş' showed differences depending on the pollinator (father). It was determined that seed weights of the 'Çavuş' crossings varied between 2.7 g and 3.7 g, and that there were differences in seed weights according to pollinator. Accordingly, while the lowest seed weight was obtained by pollinating the 'Çavuş' with the 'Trakya İlkeren' (2.7 g), the seed weight obtained by hybridizing with 'Marechal Foch' increased and was determined to be 3.7 g.

Table 4. Seed weight, seed width and seed length of the hybrid combinations.

Crossings ID	100 Seed Weight (g)	Seed Width (mm)	Seed Length (mm)
Çavuş x Yalova İncisi	3.4±0.2 g*	3.86±0.25 ef	6.38±0.35 e
Çavuş x Trakya İlkeren	2.7±0.1 h	3.82±0.21 ef	5.96±0.20 h
Çavuş x Marechal Foch	3.7±0.2 f	3.98±0.08 de	5.94±0.22 f
Çavuş x Prima	2.9±0.1 h	3.68±0.17 f	5.45±0.12 g
Çavuş x 1103P	3.5±0.3 g	4.10±0.15 d	6.47±0.20 de
Red Globe x Ülkemiz	3.9±0.1 e	3.77±0.17 f	7.50±0.36 b
Red Globe x Valiant	3.9±0.1 e	4.00±0.12 de	7.98±0.32 a
Çeliksi x Marechal Foch	6.0±0.2 a	4.85±0.10 a	7.04±0.20 c
Çeliksi x Valiant	5.8±0.3 a	4.70±0.21 ab	6.70±0.34 d
Ülkemiz x Marechal Foch	5.2±0.1 b	4.63±0.19 b	6.31±0.24 e
Cayuga White x Valiant	4.3±0.1 d	4.14±0.17 d	6.38±0.21 e
Cayuga White x Marechal Foch	4.6±0.1 c	4.37±0.17 c	6.53±0.18 de
Trakya İlkeren x Valiant	2.9±0.1 h	3.78±0.11 f	5.72±0.26 f
Significance	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05
*SEM	0.017	0.02	0.02

*SEM: Standard errors of the means. Means followed by similar letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) as compared by Duncan's multiple range test.

When the seed width values of the grape seeds obtained in the research were examined, significant differences were observed between the combinations. In this topic; while Ledbetter and Shonnard (1991) considered grape varieties with a single seed weight of 20 mg or less as rudimentary. Ramming et al. (1990) accepted 25 mg as the threshold value for abortive seeds formed as a result of embryo and endosperm degeneration. Barış et al. (1991) examined the seeds and there was no germination was observed in seeds weighing less than 20 mg. On the other hand; Ergönül et al. (2023) in determining seedless individuals, taking into account the single seed dry weight data, individuals with a single seed dry weight below 20 mg were classified as seedless, and individuals with values above 20 mg were classified as having seeds. In this research, the lowest seed weight of 27 mg was obtained in the combination of 'Çavuş' x 'Trakya İlkeren'. This value was found to be above the minimum seed weight reported by the researchers. In this way; Ramming et al. (1990) stated that the germination rates of seeds of early maturing grape varieties are poor. In this conducted study, 'Trakya İlkeren' cv. is an early ripens and showed lower seed germination rates than the other combinations. Ergönül et al. (2021); stated that in many early ripen grape varieties, embryos degenerate at certain stages of seed development and they found the germination rate of the 'Trakya İlkeren' x 'Barış' seeds as 2.6%. In this study, on the contrary; germination rates of 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' hybrid seeds were found to be 38.7%.

In the study, seed width and length showed differences according to crossing combinations. The highest seed width was obtained from 'Çeliksi' and 'Ülkemiz' crosses (Table 4). On the other hand, the longest seeds were determined in 'Red Globe' crosses (Table 4). Among the hybrid combinations examined, the highest seed width was determined as 'Çeliksi' x 'Marechal Foch' (4.85 mm) and 'Çeliksi' x 'Valiant' (4.70 mm). The combinations with the lowest seed width are; it was determined as 'Çavuş' x 'Prima' (3.68 mm), 'Red Globe' x 'Ülkemiz' (3.77 mm) and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (3.78 mm). In the study; 'Çeliksi' (*V. labrusca*) cultivar gave the highest seed width and seed weight. Differences were determined between hybrid combinations in terms of seed length ($p < 0.05$). Seed lengths of the hybrid combinations examined are given in Table 4. Among the hybrid combinations, the combination with the highest seed length was determined as 'Red Globe' x 'Valiant' (7.98 mm) and 'Red Globe' x 'Ülkemiz' (7.50 mm) crossings. On the other hand, the shortest seed length was determined as 'Çavuş' x 'Prima' (5.45 mm), 'Çavuş' x 'Marechal Foch' (5.94), and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (5.72 mm) crossings. As a matter of fact, Odabaşıoğlu and Gürsöz (2020) determined the seed width and length as 3.62-5.82 mm in the 'Trakya İlkeren' and 4.21-7.78 mm in the 'Red Globe' cultivars. In this subject, Martín-Gómez et al. (2020) stated that *V. labrusca* seeds larger than *V. vinifera* seeds. The findings of the researchers are similar to our obtained results. The seeds of the 'Red Globe' gave the longer seeds and the seeds of *V. labrusca* grapes produced larger seeds than the other cultivars.

In floating tests performed to determine seed viability before germination, and showed significant differences in seed viability were obtained between hybrid combinations (Table 5). The highest seed viability rate was determined as the combinations with the lowest floating seed rate, while the lowest viability rate was evaluated as the combination with the highest floating seed rate. According to the obtained results; the highest floating seed rate rates were actually obtained in the combination of 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' (50.4%) and 'Çavuş' x 'Prima' (45.32%). The highest seed viability rates are; the combinations with the lowest floating seed rates were 'Red Globe' x 'Ülkemiz' (5.64%), 'Çeliksi' x 'Marechal Foch' (3.78%), 'Çeliksi' x 'Valiant' (7.63%), 'Ülkemiz' x 'Marechal Foch' (4.92%), and 'Cayuga' x 'Valiant' (6.52%) crossings. These viability rates obtained in hybrid combinations varied depending on the parents. In the research, the lowest seed viability rate was obtained from the combination of 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' crossings. This result reveals that caution should be taken when using the 'Trakya İlkeren' cultivar in cross-breeding and that cross-breeding should be done in more bunches to obtain a large number of seeds. As a matter of fact, on this subject, Uzun et al. (1995) reported that the 'Trakya İlkeren' grape cultivar had soft seeds and a rudimentary structure. Ledbetter and Shonnard (1991) considered *Vitis vinifera* grape varieties with a seed size of 2 mm or less or a seed weight of 20 mg or less as rudimentary. In the results of this study shows that the pollinator had a significant effect on the viability of the

seed in the cross-breedings made with the 'Çavuş' grape. In the cross-breedings; when we made with the 'Çavuş' cultivar, it was determined that the combination of 'Çavuş' x 'Marechal Foch' crossing had the lowest floating seed rate and therefore gave the highest seed viability rate (Table 5). In order to determine the viability of seeds, Karataş et al. (2007) determined that 1350 of 1537 seeds were alive as a result of the floating test. Many researchers also reported that the 'Çavuş' grape cultivar has empty seeds, and 99.5% of the seeds in this cultivar are empty (Atak and Şen, 2021; Ergönül et al., 2021; Fidan and Cemali, 1974). In our study; for 'Çavuş' cultivar, the empty seed ratio varied between 11.7% and 45.3% depending on the pollinators. This result was found to be lower than the findings obtained by different researchers. Moreover, before germinating the seeds, performing a water floating test to determine the viable seeds and separating the non-viable seeds will increase the germination rate.

Table 5. Floating seeds, germinating, seedling formation rates (%) and shoot length of the seedlings of the hybrid seeds

Crossings ID	Seed Floating Rates (%)	Seed Germination Rates (%)	Seedling Survival Rates (%)	2 nd Year's Shoot Length (cm)
Çavuş x Yalova İncisi	16.3±0.7 abc	65.3±5.7 ab	52.67±6.2 c	82.6±4.9 ab
Çavuş x Trakya İlkeren	26.0±1.1 abc	17.7±5.7 d	17.00±2.1 e	75.2±9.2 a-d
Çavuş x Marechal Foch	11.7±0.5 bc	40.7±5.7 c	35.33±6.5 d	78.0±2.4 a-d
Çavuş x Prima	45.3±3.4 ab	39.3±5.7 c	33.33±2.4 d	65.1±7.9 de
Çavuş x 1103P	27.3±1.1 abc	43.0±5.7 c	40.67±2.7 d	86.9±2.5 a
Red Globe x Ülkemiz	5.6±0.2 c	84.0±8.1 a	72.67±6.4 b	79.9±1.5 a-c
Red Globe x Valiant	16.2±1.8 abc	38.3±5.7 c	71.33±5.0 b	76.7±1.5 a-d
Çeliksi x Marechal Foch	3.8±0.3 c	78.7±8.1 a	77.33±5.0 ab	68.6±3.7 c-e
Çeliksi x Valiant	7.6±0.7 c	72.3±5.7 a	69.67±1.5 b	74.1±3.6 a-d
Ülkemiz x Marechal Foch	4.9±0.6 c	51.7±5.7 bc	49.33±8.2 c	59.7±1.6 e
Cayuga White x Valiant	6.5±0.5 c	84.3±5.7 a	78.00±9.5 ab	86.6±2.2 a
Cayuga White x Marechal Foch	29.8±4.4 abc	81.7±5.7 a	81.67±7.5 a	90.9±2.0 a
Trakya İlkeren x Valiant	50.4±3.4 a	38.7±8.1 c	37.33±5.0 d	72.4±3.6 b-e
Significance	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05
*SEM	4.244	1.765	0.757	1.192

*SEM: Standard errors of the means. Means followed by similar letters are not statistically different ($P \leq 0.05$) as compared by Duncan's multiple range test.

The results obtained by germinating seeds of hybrid combinations are given in Table 5. Among the combinations examined, the lowest seed germination rates were found in the seeds obtained from crosses with the 'Çavuş' cultivar, compared to other combinations with lower germination rates. In the combinations in which

the 'Çavuş' cultivar was used, the highest germination rate was obtained from the cross-breeding of 'Çavuş' x 'Yalova İncisi'. And also; the germination rate of seeds belonging to the cross-breeding of 'Çavuş' x 'Trakya İlkeren' and 'Trakya İlkeren' x 'Valiant' was also determined to be quite low. According to the results of the research, it was seen that the 'Yalova İncisi' grape cultivar would be a good pollinator for the 'Çavuş'. In the research; in the crosses made with the 'Red Globe', high germination rates were obtained at the rates of 'Red Globe' x 'Ülkemiz' (84.0%) and 'Red Globe' x 'Valiant' (76.7%). Additionally, 'Cayuga White' x 'Valiant' (84.3%) and 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' (72.3%) followed by hybrids. According to the research results; selection of pollinator (father) is very important for high germination rate in cross-breedings with 'Çavuş', which has a female flower structure, and the best germination rate among the pollinator used in the research was obtained from the cross-breedings with 'Yalova İncisi'. In addition, it would also be useful to use 'Red Globe' as a parent to achieve high germination. In this research; in terms of germination rate, 'Cayuga White', 'Çeliksi' and 'Red Globe' stood out as the main candidates that can be preferred in cross-breedings. In the research, the shoot lengths of the hybrids transferred to large polyethylene bags in the second year were measured in the second week of August, according to the combinations, and the average shoot lengths were determined (Table 5). In the research, survival rates were determined after the germinating plants were transferred to black polyethylene pots. For this purpose, the germinated plants were transferred to pots and calculated of the seedlings survival rates in the following year. Seedling death/drying occurred in some germinated hybrid combinations. The highest seedling survival rates obtained from 'Cayuga White' x 'Marechal Foch' and 'Çeliksi' x 'Marechal Foch' combinations as a parallel germination rate. Between germinated plant's shoot lengths showed varied depending on the crossing combinations. According to the combinations, the longest shoot length was obtained from the combinations 'Ülkemiz' x 'Marechal Foch' (90.9 cm), 'Çavuş' x '1103 Paulsen' (86.9 cm) and 'Çeliksi' x 'Marechal Foch' (86.6 cm) combinations. In the hybrids examined, the lowest shoot growth was measured in the 'Çeliksi' x 'Valiant' combination (59.7 cm). It was observed that the shoot length of the plants obtained by crossing the strong rootstock 1103 Paulsen and 'Çavuş' increased significantly. It was also determined that the shoot length increased when 'Marechal Foch' used in crossed (Table 5). It is known that the pollen of pollinator grape cultivars/genotypes in grapevines affects the berry and seed characteristics of the parent plant (Sabır, 2015). It is reported that 'Kuntra' (Karasakız, Mavrupalya, Makkbule), 'Vasilâki' (Anatolia Yapıncağı, Altıntaş) and 'Cardinal' cultivars are planted as pollinators for 'Bozcaada Çavuşu' vineyards (Dardeniz et al., 2007; Dardeniz et al., 2011). Atak and Şen (2021), stated that when 'White Çavuş' was used as the maternal parent, seed viability varied between 5.5% and 53.8%. Atak et al. (2019) reported that the combinations in which 'Red Globe', 'Köfteci' (*Vitis labrusca*), and 'White Çavuş' cultivars were used as the main ones stood out compared to the others. Research-

hers reported that the germination rate of the 'Çavuş' grape cultivar was between 2% and 54%, depending on the pollinators. Also, Atak et al. (2019) stated that in cross-breedings in which the 'Red Globe' grape cultivar was used as the maternal, germination rates in the seeds were around 85% and that the use of the 'Red Globe' in cross-breedings would be appropriate in terms of producing seeds with a high germination rate. Sabır (2011) reported that the pollen source is very important, when Rup du Lot and 1103 Paulsen were used as pollen sources in the 'Italia' grape cultivar, the germination rates in 'Italia' hybrid seeds were 56.7 and 60.6%, respectively, and the germination rate in self-pollinated 'Italia' seeds was 37.4%. The germination rates of seeds were significantly higher when 1103 P and Rupestris du Lot rootstocks (60.6 and 56.7%, respectively) were used as pollinator for 'Italia' grape cultivar (Sabır, 2011). Atak and Şen (2021) stated that seed viability rates occurred between 6.7% and 32% in crosses with 'Köfteci' grape (*V. labrusca*), depending on the pollinizer cultivar. According to Akkurt et al. (2013), the highest germination ratio in 'Kalecik Karası' seeds were found in 0.5-1 g/L BAP + 2-3 g/L GA₃ +90-day treatments. In this research, we used 1000 ppm GA₃ +90 day and obtained between 17.7% and 84.0% according to crossbreeding combinations. In this conducted research; 'Red Globe' x 'Ülkemiz' gave the highest germination ratio (84.0%). Marasalı (1992) investigated that the effect of different pollinators on the germination ability of the seeds of 'Çavuş' grape cultivar had no effect as pollinators. In contrast, we found that when the pollinator changed, the seed germination rate has been showed differences. The results of this study obtained result has been changed according to crossings. For instance, when the 'Çavuş' cultivar pollinated different pollinators, the seed germination rates ranging from 17.7% (Trakya İlkeren) and 65.3% (Yalova İncisi).

Significance of Pearson's coefficients(r) with respect to the correlations between all seed characters (Fig. 1). Significant relationships were obtained between the seed parameters examined in the study. Positive correlations were found between seed weight and seed width ($r = 0.82^{**}$), seed length ($r = 0.55^{**}$) and germination ratio ($r = 0.552^{**}$). In the study, it was determined that there was a positive correlation between seed weight and germination rates. On the other hand, negative correlations were found among to floating seed ratio and seed weight ($r = -0.492^{**}$), seed width ($r = -0.320^{**}$), seed length ($r = -0.454^{**}$) and germination ratio ($r = 0.591^{**}$)

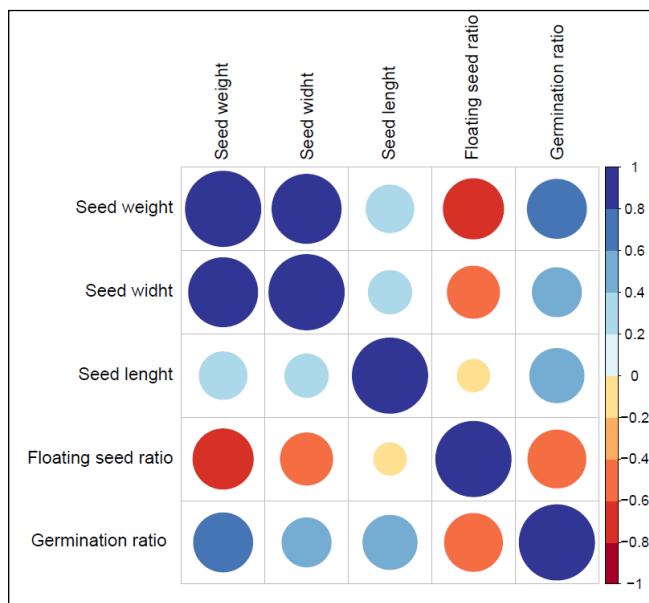


Figure 1. Pearson's correlation coefficient between hybrid seed characteristics is significant at the 0.01 level (1-tailed). Seed characteristics correlation among five seed specification seed weight (g); seed width (mm); seed length (mm); floating seed ratio (%), germination rates (%).

4. CONCLUSION

The use of American *Vitis* species in cross breeding studies with *V. vinifera* cultivars is very important in terms of resistance to phylloxera (*Daktulospharia vitifoliae* Fitch.), powdery mildew (*Uncinula necator*) and downy mildew (*Plasmopara viticola*). Before germinating of the seeds, performing a water floating test to determine the viable seeds and separating the non-viable seeds will increase the germination rate. It was seen that combinations with high germination rates could be obtained when 'Çeliksü', 'Red Globe' and 'Cayuga White' cultivars were used as a main parent. It seems likely that successful results will be obtained with different pollinators by using these cultivars as mother plants in future breeding studies. On the other hand, 'Yalova İncisi' can be considered as a suitable pollinator for 'Çavuş' grape cultivar in the vineyards. In the breeding studies, using female flower type grape cultivars that do not require emasculation are increased the berry set and number of seeds. On the other hand; even though some researchers found the germination rate of 'Çavuş' grape seeds to be low, the results we obtained in our research are considered satisfactory. Using of grape cultivars with morphological hermaphrodites and physiological female flower types in cross-breeding studies

has been found important in hybridization studies in terms of both reducing the labor such as emasculation and providing convenience. For this purpose, it should be developed more female flower type grapes in cross-breeding studies to be increasing the seed numbers and hybrid plant populations. The 'Red Globe' cultivar is recommended as a mother plant for the development of new table grapes due to the large berry size and high seed germination ratio. On the other hand, since 'Çeliksü' and 'Cayuga White' is highly resistant to fungal diseases, it can be used as the mother plant in the development of fungal disease grapes in the future studies.

Acknowledgements

This research supported by Ondokuz Mayıs University, Scientific Research Projects Commission, Project Management Office (Project number: PYO.ZRT.1901.22.006). We would like to thanks their supports for Ondokuz Mayıs University. The present study was presented in XIII. International Conference on Grapevine Breeding and Genetics (GBG2023), Nevşehir-Turkiye.

Conflict of Interest

The author declared that there is no conflict of interest.

Ethical Consideration

Ethics committee approval was not required for this study because of there was no study on live animals or humans.

Author Contribution Rates

Design of the Study: BK (50%), YU(30%), FT(20%)

Data Acquisition: BK(20%), YU(30%), KB (30%), FT(20%)

Data Analysis: BK(60%), YU(40%)

Writing of the Article: BK(70%), YU(30%)

Submission and Revision: BK(70%), YU(30%)

REFERENCES

- Akkurt, M., Keskin, N., Shidfar, M., Shidfar, A.C., Çakır, A., 2013. Effects of some treatments prior to stratification on germination in Kalecik Karası (*Vitis vinifera* L.) seeds. Journal of the Institute of Science and Technology, 3: 9-13.
- Akkurt, M., Tahmaz, H., Veziroğlu, S., 2019. Recent developments in seedless grapevine breeding. South African Journal of Enology and Viticulture, 40, 1-1. DOI: doi:10.21548/40-2-3342
- Alleweldt, G., Spiegel-Roy, P., & Reisch, B. (1991). Grapes (*vitis*). Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops 290, 291-330.
- Alzohairy, S.A., Londo, J.P., Heinitz, C., Naegele, R.P., 2023. Cultivar and maternal plant environment influence cold stratification requirements and germination rates of *Vitis* species. HortScience, 58: 515-524. doi:10.21273/HORTSCI17002-22
- Atak, A., Kahraman, K.A., 2012. Breeding studies and new table grapes in Turkey. E3 Journal of Agricultural Research and Development, 2: 80-85.
- Atak, A., Şen, A., Yeşim, D., Kandilli, G., 2019. Determination of live seed rates of hybrid genotypes obtained by hybridization of different grape species and cultivars. Journal of Academic Agriculture, 8: 149-156. doi:10.29278/azd.599984
- Atak, A., Şen, A., 2021. A grape breeding programme using different vitis species. Plant Breeding, 140: 1136-1149. doi:10.1111/pbr.12970
- Atak, A., Ergönül, O., Dilli, Y., Kesgin, M., Altındışlı, A., 2022. Grapevine breeding studies in Turkey. In XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on the Vitiviniculatural Sector: Which Tools to 1370 (pp. 145-152). doi:10.17660/ActaHortic.2023.1370.18
- Atak, A., 2022. New Perspectives in Grapevine (*Vitis* spp.) Breeding. In Plant Breeding-New Perspectives; Wang, H., Ed.; IntechOpen. London, UK. Available online. <https://www.intechopen.com/online-first/82151> (accessed on 5 February 2024). doi:10.5772/intechopen.105194
- Atak, A., 2023. Table grape breeding programs and new cultivars. In XIII International Conference on Grapevine Breeding, Genetics and Management 1385 (pp. 9-18). doi:10.17660/ActaHortic.2024.1385.2
- Barış, C., Gürnil, K., Usta, K., Kebeli, N., Özişik, S., 1991. Obtaining seedless late-season table grape varieties through hybridization between some grape varieties. Viticulture Res. Project Studies, Development Reports. Tekirdağ, Turkey.
- Çelik, H., 2001. Effect of bottom heating, germination medium and gibberellic acid treatments on germination of Isabella (*Vitis labrusca* L.) grape seeds. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4(8), 953-957.
- Conner, P.J., 2008. Effects of stratification, germination temperature, and pre-treatment with gibberellic acid and hydrogen peroxide on germination of 'fry' muscadine (*Vitis rotundifolia*) seed. HortScience, 43: 853-856. doi:10.21273/HORTSCI.43.3.853
- Dardeniz, A., Bahar, E., Şimşek, L., 2007. Developments, problems and suggestions in Bozcaada Viticulture. Çanakkale Research Turkish Yearbook, 5: 147-161.
- Dardeniz, A., Şeker, M., Yancar, A., Gökbayrak, Z., Bahar, E., Kahraman, K.A., 2011. 'Bozcaada Çavuşu' grape variety cultivation in Çanakkale and the problems encountered. 1st Ali Numan Kırac Agriculture Congress and Fair with International Participation. Eskisehir, Turkey.
- Demirkaplan, G., Gübbük, H., 2023. The effect of interspecific and intraspecific hybridization on seed germination of Pitaya (*Hylocereus* spp.). Ege University Faculty of Agriculture Journal, 60(2): 257-263. doi:10.20289/zfdergi.1283624
- Eibach, R., Töpfer, R. 2015. Traditional grapevine breeding techniques. In Grapevine breeding programs for the wine industry (pp. 3-22). Woodhead Publishing.
- Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E. H., 1983. A note on the development of practical procedure for promoting the germination of dormant seed of grape (*Vitis* spp.) Vitis 22: 211-219.
- Ergönül, O., Özer, C., Özalp, O., Uysal, T., Korkutal, İ., 2021. Studies on embryo culture and embryo viability in early ripening cultivars (*Vitis vinifera* L.). Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature, 24: 57-63. doi:10.18016/ksutarimdogva.vi.700139.
- Ergönül, O., Özer, C., Özalp, Z.O., Uysal, T., Polat, A., 2023. Researches on berry, bunch, ripening, and seed germination in grape breeding combinations. Bahçe, 52(Special Issue 1), 1-9, Turkey.
- Fidan, Y., Cemali, O., 1974. Research on Fertilization Biology in Grapevines, Ankara University Faculty of Agriculture Yearbook, 23: 321-345, Turkey (in Turkish).
- Foria, S., Magris, G., Jurman, I., Schwoppe, R., De Candido, M., De Luca, E., Di Gasparo, G., 2022. Extent of wild-to-crop interspecific introgression in grapevine (*Vitis vinifera*) as a consequence of resistance breeding and implications for the crop species definition. Horticulture Research, 9: 1-16. doi:10.1093/hr/uhab010
- Gao, K., Li, H., Nan, H., 2014. Study on chilling requirements and germination characteristics of Chardonnay grape seeds. North Fruits, 4: 4-6.
- Goldy, R.G., 1992. Breeding muscadine grapes. Horticultural Reviews, 14: 357-405.

- Hardie, W. J., O'Brien, T. P., Jaudzems, V. G. 1996. Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2(2), 97-142.
- Hawezy, S.M.N., Sharif, K.N., 2023. The effect effect of gibberellic acid (GA₃) and stratification on seed germination and seedling growth of grape (*Vitis vinifera* L.). Zanco Journal of Pure and Applied Sciences, 35: 208-213. doi:10.21271/ZJPAS.35.5.20
- Humphries, T., Chauhan, B. S., Florentine, S. K. 2018. Environmental factors effecting the germination and seedling emergence of two populations of an aggressive agricultural weed; *Nassella trichotoma*. PLoS One, 13(7), e0199491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199491>
- Jovanović-Cvetković, T., Šutalo, V., Kupe, M., Ercisli, S., Životić, A., Pašalić, B., 2022. Influence of interaction effects of the different pollenizers on the Blatina variety (*Vitis vinifera* L.) grape cluster and seed characteristics. Plants, 11: 420. doi:10.3390/plants11030420
- Karataş, H., Değirmenci, D., Velasco, R., Vezzulli, S., Bodur, Ç., Ağaoğlu, S., 2007. Microsatellite fingerprinting of homonymous grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties in neighboring regions of South-East Turkey. Scientia Horticulturae, 114: 164-169. doi:10.1016/j.scienta.2007.07.001
- Khan, N., Fahad, S., Naushad, M., Faisal, S., 2020. Grape production critical review in the World (May 8, 2020). (Available at SSRN. <https://ssrn.com/abstract=3595842>). doi:10.2139/ssrn.3595842
- Kowalczyk, B.A., Bieniasz, M., Kostecka-Gugała, A., 2022. Flowering biology of selected hybrid grape cultivars under temperate climate conditions. Agriculture, 12: 655. doi:10.3390/agriculture12050655
- Kuligowska, K., Lütken, H., Müller, R., 2016. Towards development of new ornamental plants. status and progress in wide hybridization. Planta, 244: 1-17. doi:10.1007/s00425-016-2493-7
- Ledbetter, C.A., Shonnard, C.B., 1991. Berry and seed characteristics associated with stenospermy in *Vinifera* grapes. Journal of Horticultural Sciences, 66: 247-252.
- Ledbetter, C.A., Ramming, D.W., 1989. Seedlessness in grapes. Horticultural Reviews, 11: 159-184. doi:10.1002/9781118060841
- Lin, H., Leng, H., Guo, Y., Kondo, S., Zhao, Y., Shi, G., Guo, X. 2019. QTLs and candidate genes for downy mildew resistance conferred by interspecific grape (*V. vinifera* L. × *V. amurensis* Rupr.) crossing. Scientia Horticulturae, 244, 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.045>
- Lisek, A., Lisek, J., 2019. Assessment of genetic diversity and relationships among grapevine cultivars originating in Central and Eastern Europe and North America using ISSR markers. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 18: 141-152. DOI. <https://doi.org/10.24326/asphc.2019.5.14>
- Ma, L., Zhao, W., Sun, L., Gao, S., Zhao, H., 2014. Effects of seed dressing agent on germination and seedling formation of grape hybrid seeds. China Fruits, 1: 34-36. doi:10.16626/j.cnki.issn1000-8047.2014.01.020.
- Marasali, B., Ergul, A., 1997. Effects of pollination types on berry and seed set in grape cultivars. Journal of Agricultural Sciences, 3: 39-42.
- Marasali, B., 1992. Research on the Relationship Between Seed Forms and Embryo Development and Empty Seed in Çavuş Grape Variety. Ankara University Institute of Science and Technology, Doctoral Thesis, 93 p, Turkey (in Turkish).
- Martín-Gómez, J.J., Gutiérrez del Pozo, D., Ucchesu, M., Bacchetta, G., Cabello Sáenz de Santamaría, F., Tocino, Á., Cervantes, E., 2020. Seed morphology in the *Vitaceae* based on geometric models. Agronomy, 10: 739. doi:10.3390/agronomy10050739
- Odabaşoğlu, M.I., Gürsöz, S., 2020. Determination of some seed properties and fatty acid composition of table grape genotypes grown on different rootstocks in semi-arid climate conditions. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 7: 73-86. DOI. doi.org/10.30910/turkjans.67991
- Orrù, M., Santo, A., Ucchesu, M., Sarigu, M., Sau, S., Bacchetta, G., 2023. Germination of Sardinian black and white *Vitis vinifera* seeds according to treatments and dormancy factors. Revista Ciência Agronômica, 55, e20238751. doi:10.5935/1806-6690.20230065
- Parmar, N., Singh, K. H., Sharma, D., Singh, L., Kumar, P., Nanjundan, J., Thakur, A. K. 2017. Genetic engineering strategies for biotic and abiotic stress tolerance and quality enhancement in horticultural crops: a comprehensive review. 3 Biotech, 7, 1-35. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0870-y>
- Peña-Neira, A., Cortiella, M.G.I., Ubeda, C., Pastenes, C., Villalobos, L., Contador, L., Gómez, C., 2023. Phenolic, polysaccharides composition, and texture properties during ripening and storage time of new table grape cultivars in Chile. Plants, 12: 2488. doi:10.3390/plants12132488
- Ramming, D.W., Ledbetter, C.A., Tarailo, R., 1990. Hybridization of Seedless Grapes. *Vitis* (special issue), 439-444. doi:10.5073/vitis.1990.29.special-issue.439-444
- Rieseberg, L.H., Carney, S.E., 1998. Plant hybridization. The New Phytologist, 140: 599-624. doi:10.1046/j.1469-8137.1998.00315.x.

- Ristic, R., Iland, P.G., 2005. Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz. developmental changes in seed morphology and phenolic composition. Australian Journal of grape and wine research, 11: 43-58. doi:10.1111/j.1755-0238.2005.tb00278.x
- Sabir, A., Küçükbasmacı, H., 2020. Agronomic response of 'Michele Palieri' (*Vitis vinifera* L.) table grape to intraspecific diploid and interspecific tetraploid pollinizers. Scientia Horticulturae, 72: 109589. doi:10.1016/j.scienta.2020.109589.
- Sabir, A., Seher, K., Ferhan, S., 2020. Qualitative and quantitative responses of early ripening table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) to pollination treatments under controlled growing condition. Erwerbs-Obstbau, 62: 75-80. doi:10.1007/s10341-020-00499-6.
- Sabir, A., 2011. Influences of self-and cross-pollinations on berry set, seed characteristics and germination progress of grape (*Vitis vinifera* cv. Italia). International Journal of Agriculture and Biology, 13: 591-594.
- Sabir, A., 2015. Xenia and metaxenia in grapes. differences in berry and seed characteristics of maternal grape cv.'Narine' (*Vitis vinifera* L.) as influenced by different pollen sources. Plant Biology, 17: 567-573. doi:10.1111/plb.12266.
- Seget, O., Avdeenko, I., Aleynikova, G., Malih, G. 2020. Application of bioactive compounds for increasing production of grape planting materials and higher germination of hybrid seeds. In BIO Web of Conferences (Vol. 25, p. 05010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202505010>
- Singh, R., Jalilop, S.H., Randhawa, G., 1984. Choice of parents in grape hybridization. Indian Journal of Horticulture, 41: 25-28.
- Staudt, G., 1999. Opening of flowers and time of anthesis in grapevines *Vitis vinifera* L. Vitis, 38: 15-20. doi:10.5073/vitis.1999.38.15-20.
- Töpfer, R., Hausmann, L., Harst, M., Maul, E., Zyprian, E., Eibach, R., 2011. New horizons for grapevine breeding. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 5: 79-100.
- Travlos, I., Gazoulis, I., Kanatas, P., Tsekoura, A., Zannopoulos, S., & Papastylianou, P. (2020). Key factors affecting weed seeds' germination, weed emergence, and their possible role for the efficacy of false seedbed technique as weed management practice. Frontiers in Agronomy, 2, 1. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.00001>
- Uzun, H.İ., Barış, C., Gürnil, K., Özişik, S., 1995. Adaptation studies of some new grape hybrids in Antalya conditions. Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture, 8: 65-80.
- Uzun, H.İ., Özer, N., Akkurt, M., Özer, C., Aydin, S., Aktürk, B., 2019. Crossing of 'Alphonse Lavallee' and 'Regent' grape cultivars for downy mildew resistant genotypes. 1. Seed germination and seedling growth. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 29: 72-78. DOI: 10.29133/yyutbd.464036
- Verma, M.K., Singh, S.K., Patel, V.B., Kumar, C., 2019. Grape improvement. Singh SK, Patel VB, Goswami AK, Prakash Jai and Kumar C (eds) Breeding of perennial horticultural crops. Biotech Books, New Delhi.
- Wang, Z., Wang, Y., Wu, D., Hui, M., Han, X., Xue, T., ... & Wang, H. 2021. Identification and regionalization of cold resistance of wine grape germplasms (*V. vinifera*). Agriculture, 11(11), 1117. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111117>
- Wang, Z. L., Yao, F., Hui, M., Wu, D., Wang, Y., Han, X., Wang, H., 2022. Fertility analysis of intraspecific hybrids in *Vitis vinifera* and screening of superior hybrid combinations. Frontiers in Plant Science, 13, 940540. doi:10.3389/fpls.2022.940540
- Weidner, S., Chrzanowski, S., Karamač, M., Król, A., Badowiec, A., Mostek, A., Amarowicz, R., 2014. Analysis of phenolic compounds and antioxidant abilities of extracts from germinating *Vitis californica* seeds submitted to cold stress conditions and recovery after the stress. International Journal of Molecular Sciences, 15 16211-16225. doi:10.3390/ijms150916211
- Zhang, J., Hausmann, L., Eibach, R., Welter, L. J., Töpfer, R., Zyprian, E. M. 2009. A framework map from grapevine V3125 (*Vitis vinifera* 'Schiava grossa'×'Riesling')× rootstock cultivar 'Börner'(*Vitis riparia*× *Vitis cinerea*) to localize genetic determinants of phylloxera root resistance. Theoretical and applied genetics, 119(6), 1039-1051. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1107-1>